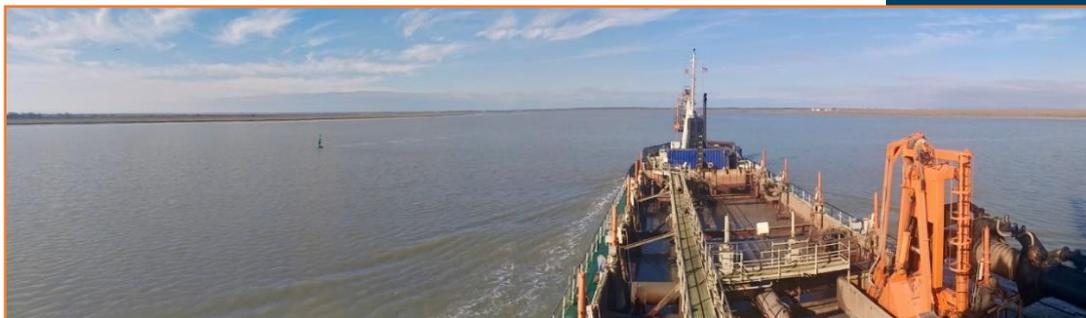




**Puerto
de Sevilla**

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA NAVEGACIÓN EN LA
EUROVÍA E.60.02 GUADALQUIVIR**



**ANEXO IX. CARACTERIZACIÓN DEL
VACIADERO MARINO**



sener



TECNOAMBIENTE

A TRADEBE COMPANY

*“El contenido de esta publicación es
responsabilidad exclusiva de la U.T.E. MC
VALNERA, S.L. – SENER INGENIERÍA Y
SISTEMAS, S.A – TECNOAMBIENTE, S.L.
y no refleja necesariamente la opinión de la
Unión Europea”*



**Cofinanciado por
la Unión Europea**

HOJA DE CONTROL

Título del Proyecto	APOYO EN LA REDACCIÓN DEL PROYECTO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA NAVEGACIÓN EN LA EUROVÍA E.60.02 GUADALQUIVIR	
Título del documento	CARACTERIZACIÓN DEL VACIADERO MARINO	
Código	2020-59	
Elaborado por:	Jurgi Areizaga	02/12/2022
Dirigido por:	Mercedes García Barroso	02/12/2022
Versión	Tipo de entrega	Fecha
rev00	Inicial	

U.T.E. MC VALNERA, S.L. – SENER INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A – TECNOAMBIENTE, S.L.

MC VALNERA, S.L. C/Calvo Sotelo 19, 2ª, 1 39002 Santander España Tfno.: +34 942 501 169	SENER INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A C/Creu Casas i Sicart, 86-88 - Parc de l'Alba 08290 Cerdanyola del Vallès (Barcelona) España Tfno.: +34 932 276 441	TECNOAMBIENTE, S.L. Ronda Can Fatjó 19-B, Parc Tecnològic del Vallès 08290 Cerdanyola del Vallès (Barcelona) España Tfno.: +34 935 942 036
---	--	---

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
2	OBJETO DEL ESTUDIO.....	4
3	CARACTERIZACIÓN DEL VACIADERO MARINO	4
4	PLANTEAMIENTO DE LOS TRABAJOS PARA LA SIMULACIÓN	7
5	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	8
6	CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO RECEPTOR	8
6.1	NIVEL DEL MAR	8
6.2	VIENTO	12
6.3	CORRIENTES.....	14
6.4	UBICACIÓN Y DISTANCIA A ZONAS PROTEGIDAS Y ZONAS SENSIBLES.....	17
6.5	LÍMITES LEGALES Y VALORES DE REFERENCIA	17
7	DESCRIPCIÓN DEL MODELO NUMÉRICO	25
7.1	MODELO MOHID.....	25
7.1.1	Definición del modelo de cálculo.....	26
7.1.2	Simulación del fenómeno de la dispersión	28
8	DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS DE SIMULACIÓN.....	28
9	RESULTADOS	29
9.1	ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS EN EL FONDO.....	30
9.2	DISPERSIÓN DE FINOS CON MOHID.....	34
9.2.1	Escenario 1: vertido en vaciadero con viento del E	35
9.2.2	Escenario 2: vertido en vaciadero con viento del W.....	43
9.3	ESCENARIO 3: VERTIDO EN LA PLAYA	51
10	DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	57
11	NOTAS FINALES Y FIRMAS.....	58
12	BIBLIOGRAFÍA.....	58

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe se elabora en el marco de la evaluación ambiental de la optimización de la navegación en la Eurovía E.60.02 Guadalquivir para la Autoridad Portuaria de Sevilla.

2 OBJETO DEL ESTUDIO

El informe tiene como objetivo la caracterización del vaciadero marino.

Se incluye la simulación del comportamiento del material de dragado vertido en el vaciadero marino y del material aportado para la regeneración de playas. Por otra parte, se realiza un análisis de la batimetría del vaciadero, de la que se extraerán conclusiones relativas a la acumulación del material en el fondo.

3 CARACTERIZACIÓN DEL VACIADERO MARINO

El vaciadero marino que históricamente ha sido utilizado para el vertido del material dragado en los tramos bajos por la APS tiene una superficie aproximada de 37.000 m², siendo sus coordenadas las siguientes:

Tabla 1. Coordenadas de la delimitación del vaciadero marino. Fuente: APS

PUNTO	X	Y
A	717.738	4.071.409
B	718.335	4.071.404
C	718.347	4.070.802
D	717.735	4.070.803

Establecen las Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del Dominio Público Marítimo-Terrestre (DCMD en adelante, versión 2021) que en el caso de que no sea posible el uso del material dragado para usos productivos según lo recogido en los art. 26 y 32, se podrá proceder a la colocación o vertido de los materiales según se describe a continuación (DCMD, 2021:34):

- “1. Los materiales dragados pertenecientes a la categoría A nunca podrán verterse al mar en zonas de exclusión. Podrán verterse al mar en zonas restringidas o no restringidas.
2. Los materiales de dragado pertenecientes a la categoría B podrán ser vertidos al mar, pero exclusivamente en las zonas no restringidas”.

El informe de caracterización complementaria de sedimentos de 2023a (Anexo V del EsIA) determinó que el material a dragar en la canal del Guadalquivir pertenece a las categorías A y B. En concreto en cada tramo existe material perteneciente a las siguientes categorías:

Tabla 2. Resultados de la caracterización de sedimentos simplificada. Fuente: Elaboración propia, 2022.

TRAMO	PUNTOS KILOMÉTRICOS (PKs)	CATEGORÍA
Tramo 1	0-10	B
Tramo 2	10-20	B
Tramo 3	20-30	B
Tramo 4	30-40	B
Tramo 5	40-50	A
Tramo 6	50-60	A
Tramo 7	60-70	A
Tramo 8	70-80	A
Tramo 9	80-87	A

Por tanto, el dragado de los tramos 5 a 9, inclusive, puede verse en zonas restringidas o no restringidas. El de los tramos 1 a 4, categoría B, en ningún caso se destina a vaciadero marino.

En cualquier caso, el vaciadero marino se localiza **en una zona de vertido no restringida dado que no reúne ninguno de los siguientes requisitos** (DCMD, 2021:46):

“1º. Profundidad igual o inferior a 15 metros, excepto la zona I de los puertos de interés general o zona abrigada de los puertos autonómicos.

2º. Zonas marinas o marítimo-terrestres protegidas en virtud de la legislación autonómica, nacional o internacional, cuando los valores objeto de protección pudieran verse afectados significativamente por este tipo de actividad.

3º. Entorno de las zonas de exclusión hasta una distancia igual a 2 millas náuticas desde el borde exterior de las mismas”.

El art. 32 de las DCMD (2021:46) también define las “Zonas de exclusión: Aquella parte del dominio público marítimo-terrestre cuyo fondo esté constituido por hábitats naturales bentónicos protegidos, o por praderas de fanerógamas marinas, bosques de laminarias o comunidades de maërl, fondos donde la documentación técnica relativa a los hábitats y especies de la zona identifique especies catalogadas, así como zonas de baño, zonas de cultivos marinos, bancos marisqueros y las ocupadas por cualquier infraestructura submarina. En estas zonas no podrá ser autorizado el vertido de materiales, limitándose su colocación a un uso productivo compatible con la conservación ambiental de estas zonas”.

Todos estos condicionantes y la localización del vaciadero marino se representan en la Ilustración 1:

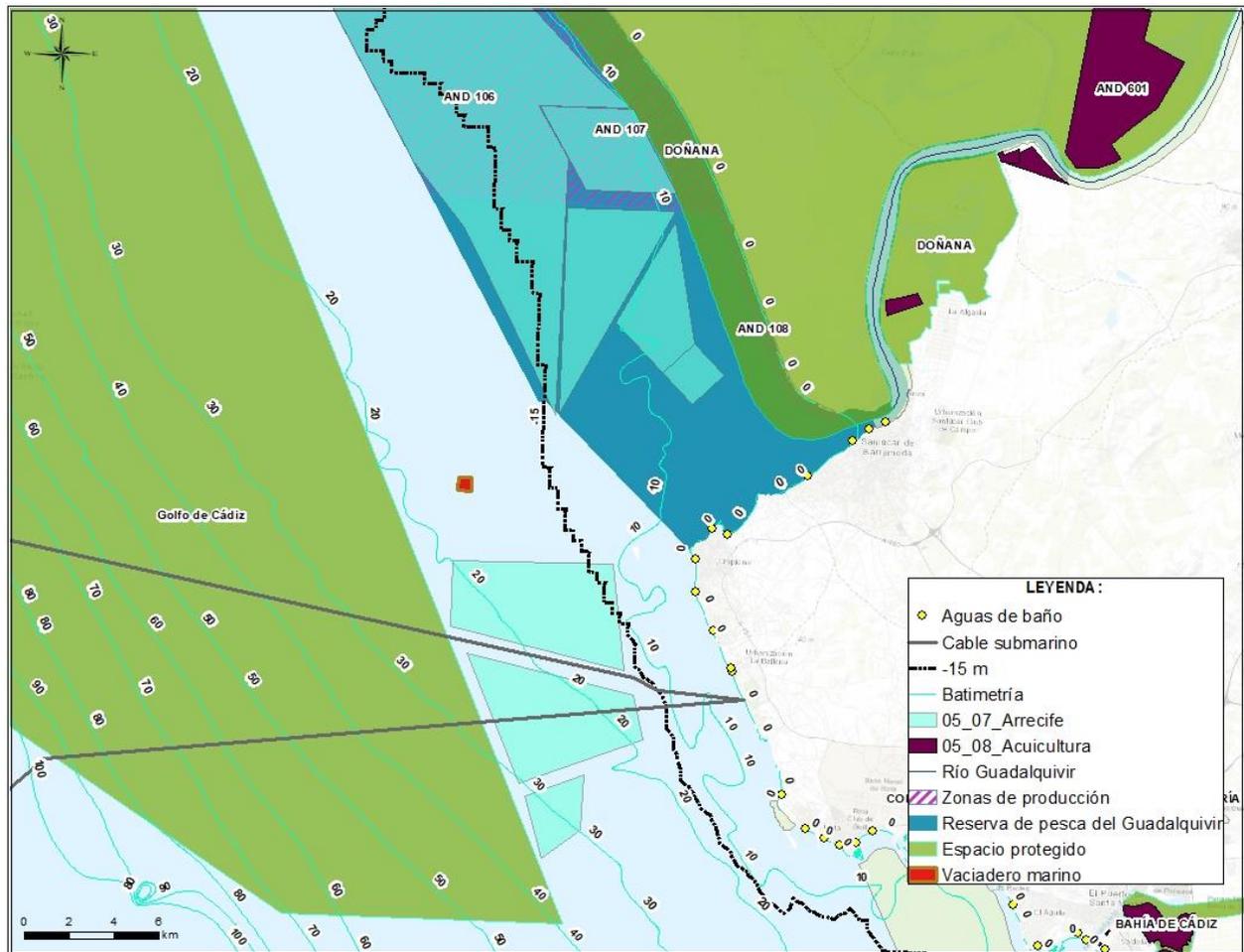


Ilustración 1. Localización del vaciadero marino y condiciones establecidas en las DCMD para definir zonas restringidas y no restringidas. Fuente: DERA, GEBCO. Elaboración propia, 2023.

Como se observa, la parcela se localiza a más de 15 m de profundidad (se representa con énfasis la batimétrica de -15 m en el plano), está a más de 2 mn de los espacios protegidos del entorno, alejado de zonas de arrecifes, reservas de pesca, bancos de marisqueo y de acuicultura.

No se identifica en los fondos ningún tipo de hábitat de interés o comunidad de valor especial. Es más el tipo de comunidad que se asienta en la zona del vaciadero marino es la de Arenas Fangosa Infralitorales (AFI). Las arenas fangosas generalmente se depositan en lugares con un hidrodinamismo medio-bajo. En ellas pueden encontrarse diferentes facies en función de la granulometría del sedimento. La facies de *Echinocardium cordatum* y *Ensis spp.* está asociada a las costas someras con arena fina fangosa, y en ella aparece una gran variedad de anélidos poliquetos, como *Notomastus latericeus*, *Mediomastus fragilis*, *Scoloplos armiger*, *Arenicola marina* y *Harmothoe sp.* También son típicos bivalvos como *Mysella bidentata* (asociada a la ofiura *Acrochorda brachiata*), *Montacuta ferruginosa* (comensal del erizo irregular *Echinocardium cordatum*), *Dosinia lupinus* y *Chamelea striatula*. En ocasiones, aparece la holoturia *Labidoplax digitata*.

La facies de *Spio filicornis*, *Spiophanes bombix* y *Nephtys hombergii*, caracterizada por estos poliquetos, aparece en sedimentos con diferente granulometría, desde arenas fangosas hasta arenas gruesas, entre 5 y 30 m de profundidad. Cuando la comunidad está degradada o se halla en estuarios no necesariamente eutrofizados, aparece la facies de *Capitella capitata*, con una escasa diversidad y dominancia de este poliqueto y otros anélidos, y que puede aparecer desde el nivel de marea baja hasta más de 50 m de profundidad, en el piso circalitoral.

En general, y en condiciones normales, se trata de una comunidad con una riqueza ecológica baja-media pero en el caso concreto de este vaciadero el sedimento está constituido principalmente por finos y los organismos presentes son característicos de ambientes anóxicos y adaptados a ambientes con escasa luminosidad (ausencia de macrofitos). Estas características unidas a la ausencia en la zona de corrientes de gran intensidad determinan que la comunidad presente tenga una calidad incluso más baja que la descrita. Esta biocenosis se instala principalmente en el infralitoral superior, pero que puede aparecer a mayor profundidad. Requiere un sedimento fango-arenoso, circunstancia que va asociada a un reducido hidrodinamismo o a un aporte excesivo de limos terrestres. Es una comunidad mucho más pobre que la que se instala sobre sustrato no fangoso. La zona se encuentra afectada por los aportes terrestres continuos de material fino (limos y arcillas) procedente de las descargas del río Guadalquivir y Guadalete produciéndose por ello un medio anóxico.

Los poliquetos, son el grupo faunístico dominante en concentraciones bajas, lo que indica que, para el caso de las especies presentes, no se trata de organismos oportunistas que proliferen en condiciones anormales de estrés o en procesos de recolonización, sino de poblaciones muy resistentes, adaptadas a las difíciles condiciones reinantes. Los siguientes grupos mejor representados son los moluscos gasterópodos y los artrópodos.

4 PLANTEAMIENTO DE LOS TRABAJOS PARA LA SIMULACIÓN

Para la realización de la correcta simulación del comportamiento de los sedimentos es necesario caracterizar adecuadamente tanto el proceso de vertido como las características del medio. Igualmente, es necesario describir el modelo empleado y su adecuación a los objetivos planteados.

En función de las características del vertido, las características del medio y el objetivo del estudio, se plantean los distintos casos o escenarios de simulación. Los resultados de dichos escenarios se comparan con los límites legales u objetivos de calidad existentes, para determinar los efectos del vertido sobre el medio.

La estructura de los trabajos realizados es por lo tanto la siguiente:

- Descripción de los trabajos de vertido del material sedimentario.
- Caracterización del medio receptor
- Descripción del modelo numérico

- Definición de escenarios de simulación
- Resultados
- Conclusiones

Se quiere destacar que el objeto del presente estudio no es realizar una caracterización hidrodinámica general de las zonas de vertido, sino identificar aquellas situaciones más relevantes de cara a los posibles efectos ambientales negativos durante la ejecución del vertido del material.

5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El vertido de material tiene un porcentaje medio de finos del 5%, que se dragarán con draga de succión en marcha, y se verterán desde la misma, en superficie. La capacidad máxima de cántara es de 1.600 m³¹. El proceso de dragado y vertido consta de las siguientes fases, y duraciones.

- Dragado del material: 30 minutos de duración².
- Transporte del material hasta la zona de vertido: 60 minutos
- Duración del vertido: 15 minutos
- Duración retorno a la zona de dragado: 50 minutos.

6 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO RECEPTOR

Para la caracterización del nivel del mar se han empleado los datos del mareógrafo de Bonanza 2, situado en la desembocadura del Guadalquivir. Para la caracterización del viento se han empleado los datos del punto SIMAR 5036019. Se describe igualmente la circulación general de corrientes en la zona a partir de datos bibliográficos.

6.1 NIVEL DEL MAR

La marea astronómica en la zona de proyecto se caracteriza por ser una marea semidiurna de rango mesomareal con un rango en el entorno de 2 m, según se desprende del informe del mareógrafo de Bonanza 2, de la red REDMAR de Puertos del Estado, ubicado en la desembocadura el Guadalquivir, como se muestra en Ilustración 2.

¹ Este volumen es el

² Se ha tomado un tiempo de dragado corto, del lado de la seguridad, puesto que, probablemente, para una draga de esas dimensiones, el tiempo sea mayor (sobre 2-3 horas), por lo que, el efecto acumulativo entre distintos ciclos será menor del reflejado en los resultados obtenidos.

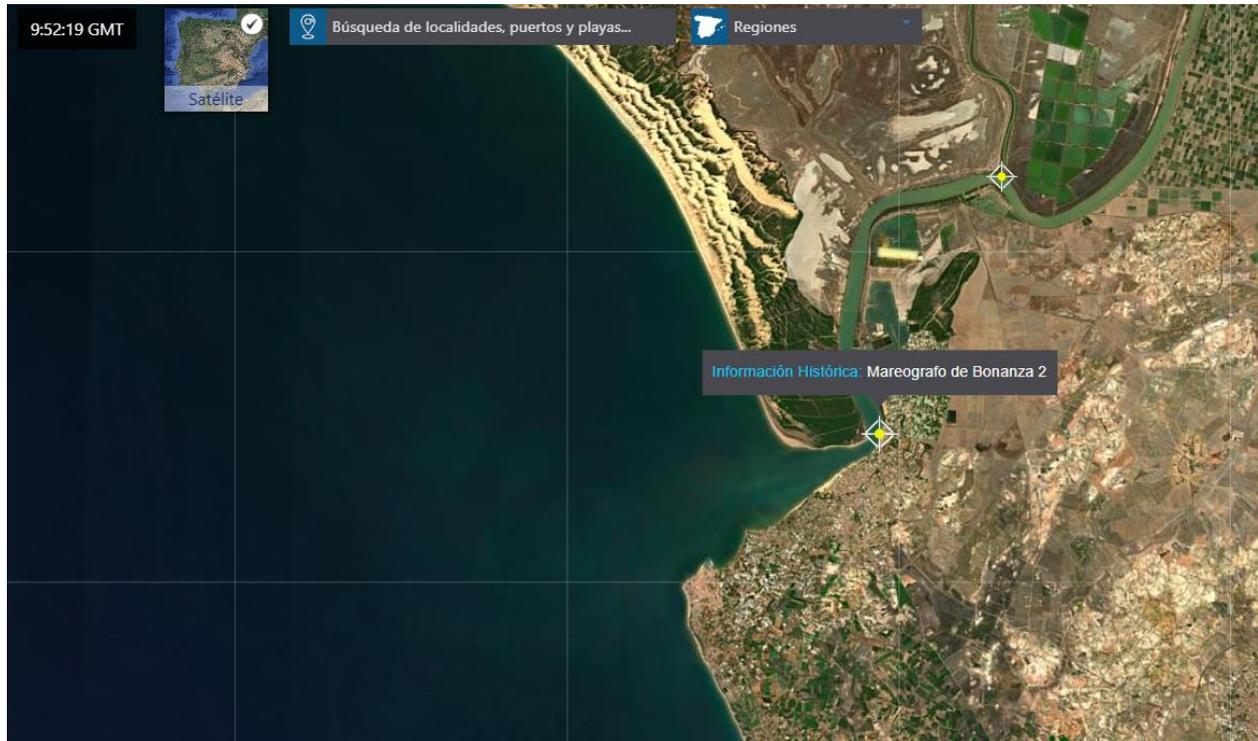


Ilustración 2. Ubicación del mareógrafo de Bonanza 2.

La amplitud máxima de marea astronómica en mareas vivas es de 3,4 m en Bonanza. En cuanto a la marea meteorológica, oscila entre valores de -0,29 m y +0,55 m. En la Ilustración 3 se muestran las principales referencias de nivel del mar calculadas para el mareógrafo de Bonanza.

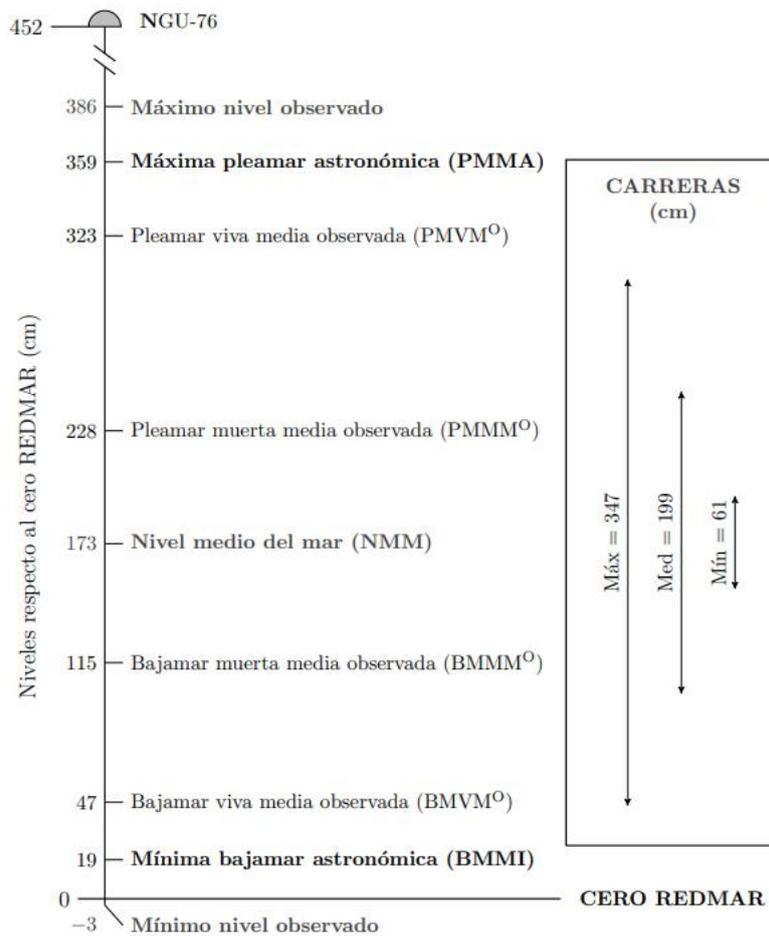
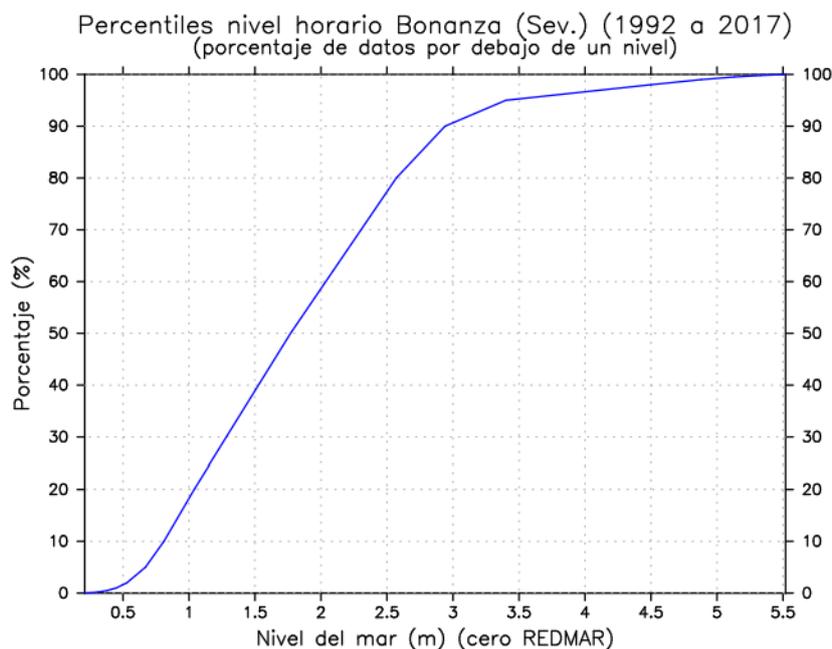


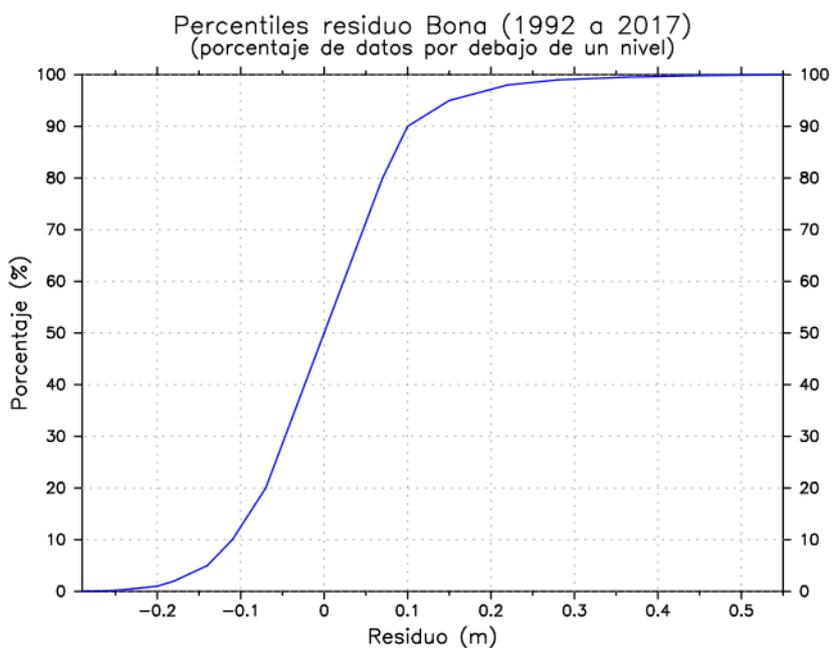
Ilustración 3. Principales referencias de nivel del mar en el mareógrafo de Bonanza (fuente: Puertos del Estado).

A continuación, se muestran los percentiles de nivel del mar y de marea meteorológica.



Nivel (m)	% acumulado
0.21	0.05
0.26	0.10
0.31	0.20
0.38	0.50
0.45	1.00
0.53	2.00
0.67	5.00
0.81	10.00
1.04	20.00
1.77	50.00
2.57	80.00
2.94	90.00
3.40	95.00
4.50	98.00
4.88	99.00
5.13	99.50
5.33	99.80
5.44	99.90
5.52	99.95

Ilustración 4. Percentiles de nivel horario (fuente: Puertos del Estado).



Residuo (m)	% acumulado
-0.29	0.05
-0.27	0.10
-0.25	0.20
-0.23	0.50
-0.20	1.00
-0.18	2.00
-0.14	5.00
-0.11	10.00
-0.07	20.00
-0.00	50.00
0.07	80.00
0.10	90.00
0.15	95.00
0.22	98.00
0.28	99.00
0.36	99.50
0.44	99.80
0.50	99.90
0.55	99.95

Ilustración 5. Percentiles de residuo meteorológico (fuente: Puertos del Estado).

Como se aprecia en la Ilustración 4 y la Ilustración 5, el 5% del tiempo el nivel está por encima de 3,4 m, y el residuo meteorológico por encima de 15 cm.

Valdés y Déniz-González (2015), analizaron la importancia relativa en la zona de la marea astronómica y la meteorológica, mediante el cálculo de la desviación estándar de ambas para el año 2012, obteniendo un valor de 70,48 cm para la desviación de la marea astronómica en Bonanza y una desviación del residuo

meteorológico de 6,48 cm respectivamente. Así, la importancia relative de la marea meteorológica (obtenida como cociente de la desviación estándar del residuo meteorológico frente a la desviación estándar de la marea astronómica), es de 9,2% en Bonanza.

En general, las corrientes de marea son débiles en el golfo de Cádiz, salvo en zonas puntuales como, en las proximidades de Tarifa donde está presente la circulación del estrecho de Gibraltar, en la que la corriente de marea se dirige al oeste mientras sube la marea y al este cuando baja, y en las desembocaduras de los ríos, particularmente intensa en la del Guadalquivir, donde la marea remonta más de 80 k hasta Sevilla.

6.2 VIENTO

Para la caracterización del viento se han empleado los datos del punto SIMAR 6002060, situado frente a Chipiona, como se observa en la Ilustración 6.

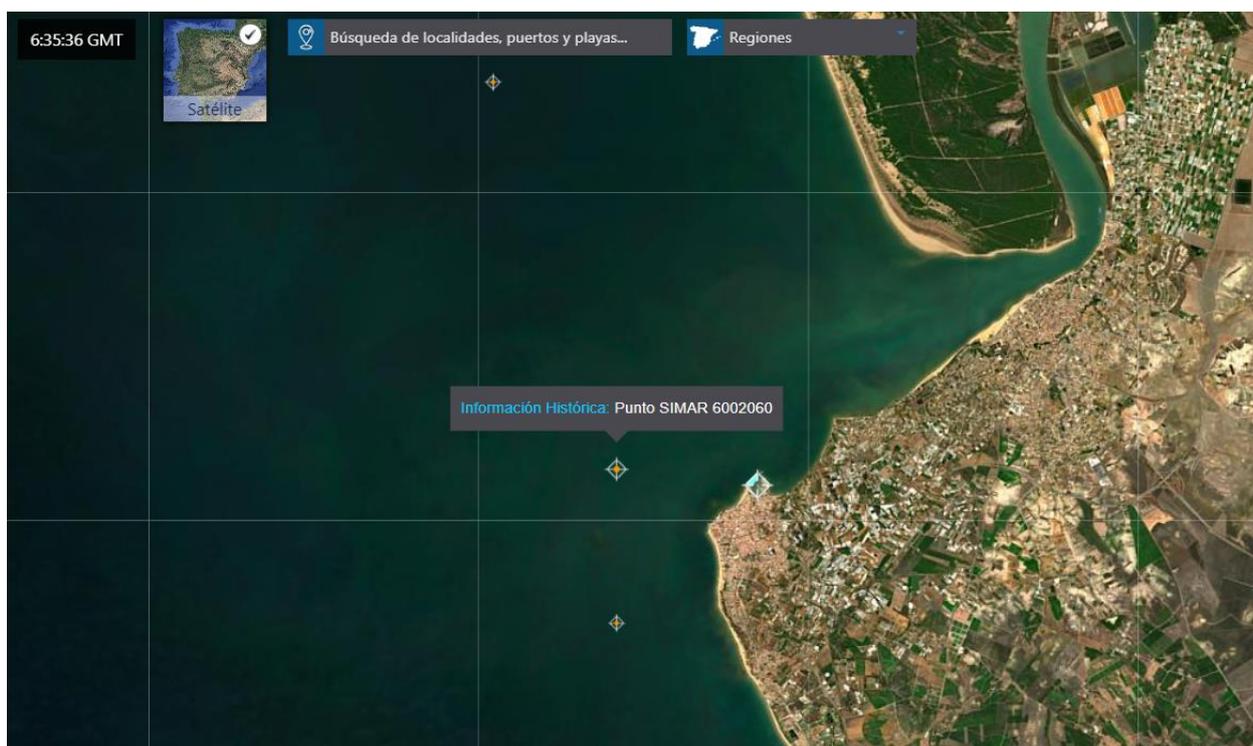


Ilustración 6. Ubicación del punto SIMAR 6002060 (fuente: Puertos del Estado).

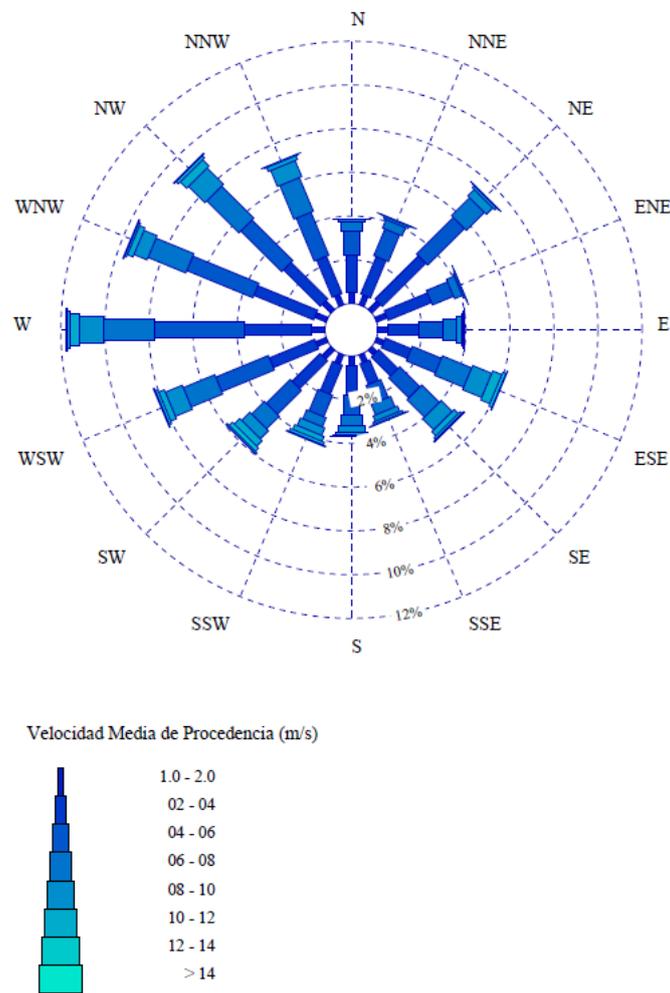


Ilustración 7. Rosa de vientos en el punto SIMAR 6002060 (fuente: Puertos del Estado).

Como se aprecia en la rosa de viento, los vientos más frecuentes son los del W, seguidos de los del WNW y NW. En la Tabla 3 se muestra la frecuencia por direcciones, en la que se aprecia que el 11% del tiempo el viento viene del W, y del WNW y NW un 9%. En cuanto a intensidades, los vientos que más frecuentemente superan los 14 m/s, son los del SW (un 0,085%) seguidos de los del SE y W (0,051%).

Tabla 3. Velocidad media por dirección.

Dirección	Ve (m/s)									Total
	≤ 1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	> 14.0	
CALMAS	2.259									2.259
N 0.0		.533	1.700	1.066	.444	.125	.008	.002	-	3.878
NNE 22.5		.480	1.844	1.322	.417	.104	.023	.006	.002	4.198
NE 45.0		.552	2.791	2.364	1.163	.412	.118	.019	.013	7.433
ENE 67.5		.512	2.123	1.036	.381	.080	.015	-	.004	4.151
E 90.0		.461	1.377	1.106	.647	.233	.066	.025	.002	3.917
ESE 112.5		.366	1.279	1.432	1.440	.937	.448	.152	.030	6.084
SE 135.0		.321	1.227	1.301	1.129	.700	.264	.106	.051	5.099
SSE 157.5		.385	1.019	.897	.520	.264	.108	.034	.015	3.242
S 180.0		.440	1.360	.920	.482	.264	.135	.044	.013	3.659
SSW 202.5		.457	1.442	1.057	.455	.376	.243	.133	.044	4.208
SW 225.0		.575	1.798	1.537	.816	.529	.362	.199	.085	5.900
WSW 247.5		.512	2.225	2.588	1.548	.831	.279	.118	.047	8.148
W 270.0		.601	3.035	4.107	2.303	1.104	.408	.137	.051	11.745
WNW 292.5		.560	2.937	3.248	1.859	.643	.271	.085	.044	9.647
NW 315.0		.558	2.364	2.627	2.066	1.062	.406	.140	.038	9.260
NNW 337.5		.503	1.844	2.130	1.664	.795	.190	.040	.004	7.171
Total	2.259	7.816	30.366	28.737	17.335	8.459	3.346	1.241	.442	100 %

6.3 CORRIENTES

En cuanto a las corrientes, el sistema oceanográfico del suroeste de la Península Ibérica se engloba en el extremo septentrional del Sistema de Corrientes de Contorno Oriental (“Eastern Boundary Current System”, EBCS) de Europa occidental y el norte de África (MAGRAMA, 2012).

Durante la mayor parte del año, y con certeza, en primavera-verano, el patrón circulatorio está formado por un flujo anticiclónico hacia el E sobre el talud hasta el estrecho de Gibraltar y contracorrientes sobre la plataforma y en el océano abierto formándose celdas ciclónicas sobre la plataforma entre cabos y una circulación anticiclónica en el centro del Golfo. Ambas celdas se ven conectadas por importantes intercambios plataforma-talud-océano. Sobre el régimen invernal existen más incertidumbres debido a la menor disponibilidad de observaciones (MAGRAMA, 2012).

La visión clásica postulaba el forzamiento por el viento, con un comportamiento bimodal (O- SO en invierno y E de mayo a septiembre), como principal responsable de este patrón. Sin embargo, los estudios más recientes postulan que el patrón circulatorio general viene determinado mayoritariamente por otros aspectos, como el gradiente de presión, generado bien por el régimen de viento de larga escala, el flujo de flotabilidad de aportes continentales, la convergencia con la Corriente de Azores o el intercambio en el Estrecho (MAGRAMA, 2012).

Uno de los aspectos singulares de esta zona es la presencia de la discontinuidad y el intercambio de masas de agua a través del estrecho de Gibraltar. Este intercambio es mayoritariamente bicapa, con salida desde el mar Mediterráneo hacia el golfo de Cádiz en la capa inferior y entrada de Agua Atlántica por la capa superior.

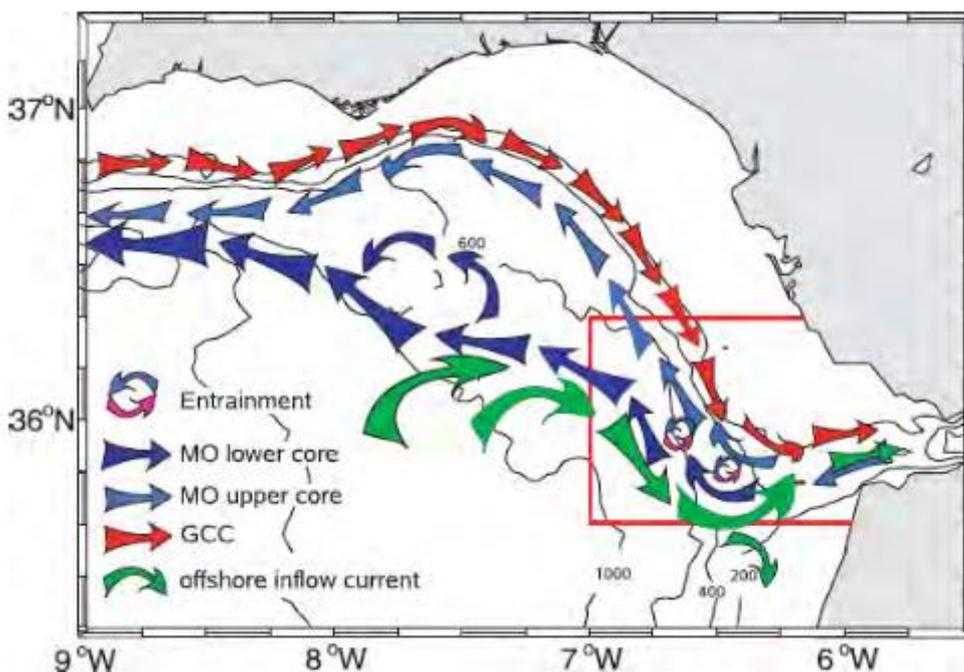


Ilustración 8. Representación esquemática de la circulación en el golfo de Cádiz (fuente: Péliz et al. 2007)

Al suroeste de la desembocadura del Guadalquivir, frente a la bahía de Cádiz, se encuentra la boya del Golfo de Cádiz, de Puertos del Estado, con datos desde 1996, cuya ubicación y rosa de corrientes se muestran a continuación.

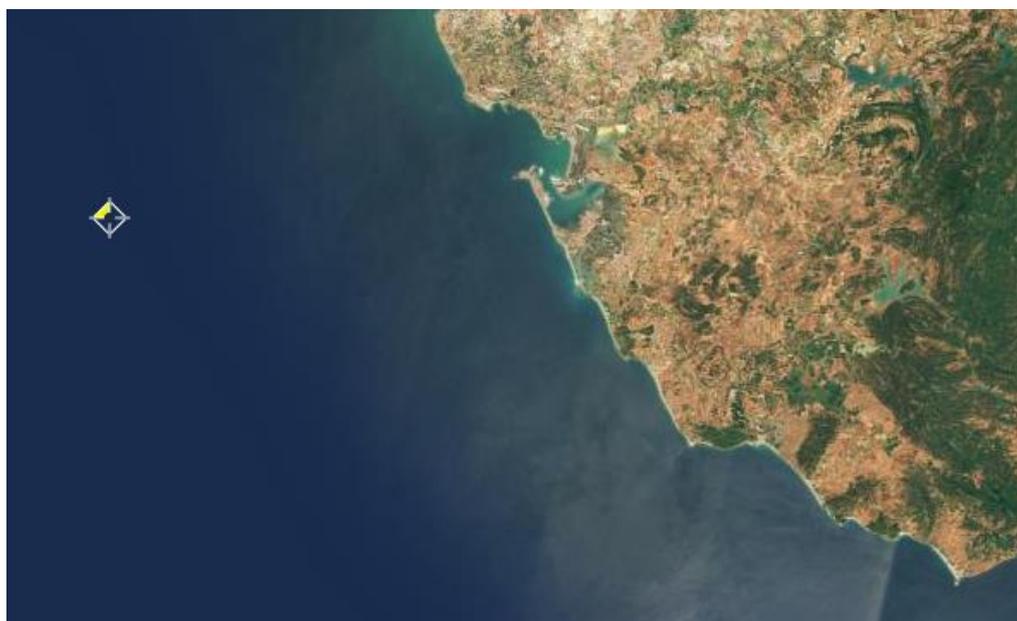


Ilustración 9. Ubicación de la boya del golfo de Cádiz (fuente: Puertos del Estado).

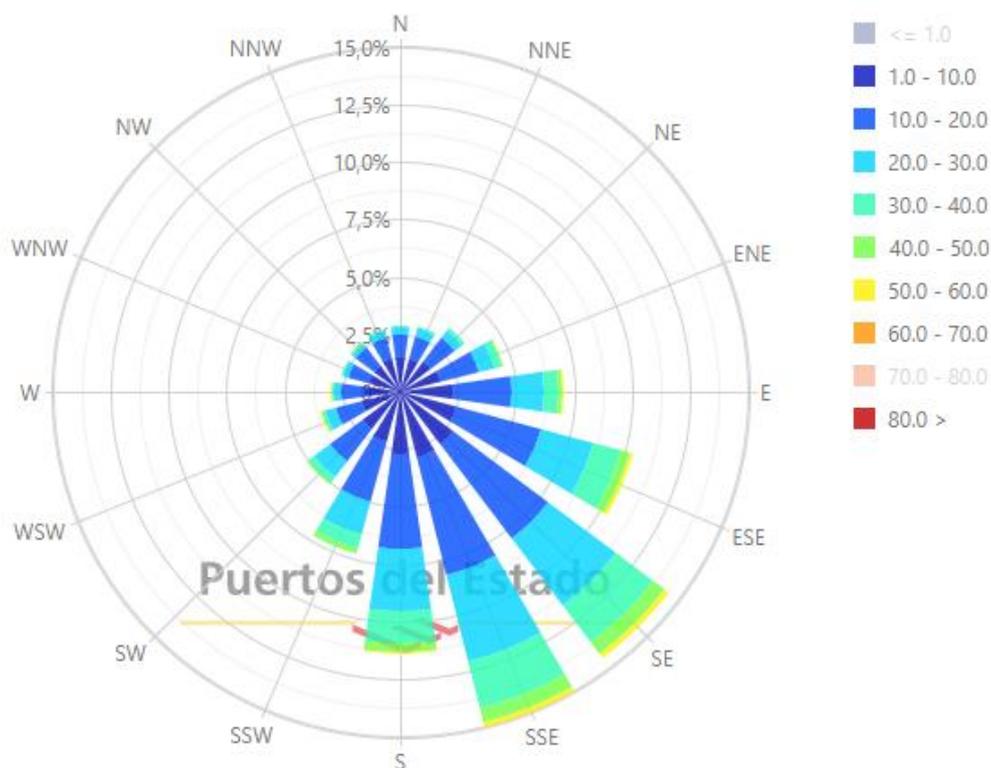


Ilustración 10. Rosa de corrientes superficiales en la boya del Golfo de Cádiz (fuente: Puertos del Estado).

Como se aprecia, las corrientes más frecuentes están entre los 10 y los 40 cm/s, sin superarse los 80 cm/s. Esto es coincidente con los datos recogidos para esta zona por Valdés et al (2015), que del análisis de imágenes satelitales no identifican valores superiores a 1 m/s.

6.4 UBICACIÓN Y DISTANCIA A ZONAS PROTEGIDAS Y ZONAS SENSIBLES

Como se aprecia en la Ilustración 11, el vaciadero marino se encuentra al este de la ZEPA ES0000500 “Espacio Marino del Golfo de Cádiz”, que destaca especialmente por las importantes concentraciones de pardela balear (*Puffinus mauretanicus*) y de paíño europeo (*Hydrobates pelagicus*) en otoño, así como de alcatraz atlántico (*Morus bassanus*) y págalo grande (*Stercorarius skua*) en otoño-invierno. La gaviota de Audouin (*Larus audouinii*) también es frecuente en la zona, particularmente en los meses de invierno.

La distancia desde el centro del vaciadero hasta el límite más cercano de la ZEPA es de unos 3.500 m. Por otra parte, en la costa, se encuentra la ZEC ES0000024 “Doñana”, además de la zona de producción de moluscos AND 108, situadas a 750 y 1350 m de la zona de aporte a playa, respectivamente.



Ilustración 11. Ubicación del vaciadero marino y zona de aporte a playa respecto a zonas sensibles.

6.5 LÍMITES LEGALES Y VALORES DE REFERENCIA

Según determina el texto refundido de la Ley de Aguas (Real Decreto Legislativo, 1/2001 de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas), con motivo de la transposición de la Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, los objetivos medioambientales para las aguas superficiales, las aguas subterráneas y las zonas protegidas deben establecerse en los planes hidrológicos de cuenca.

El vaciadero marino y la playa a la que se aporta el material para su regeneración se encuentran dentro de la Demarcación Hidrológica del Guadalquivir. El Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrológica del

Guadalquivir (2015-2021) califica el estado global de las masas de agua del estuario como “no alcanza bueno” desde la sección Esparraguera-Tarifa a la Esclusa y como “bueno” desde aquel tramo hasta la desembocadura. Define las aguas del cauce principal del río como aguas de transición superficiales y les otorga la siguiente clasificación en cuanto a su estado global, determinado por el peor valor del estado biológico, físico-químico y ecológico:

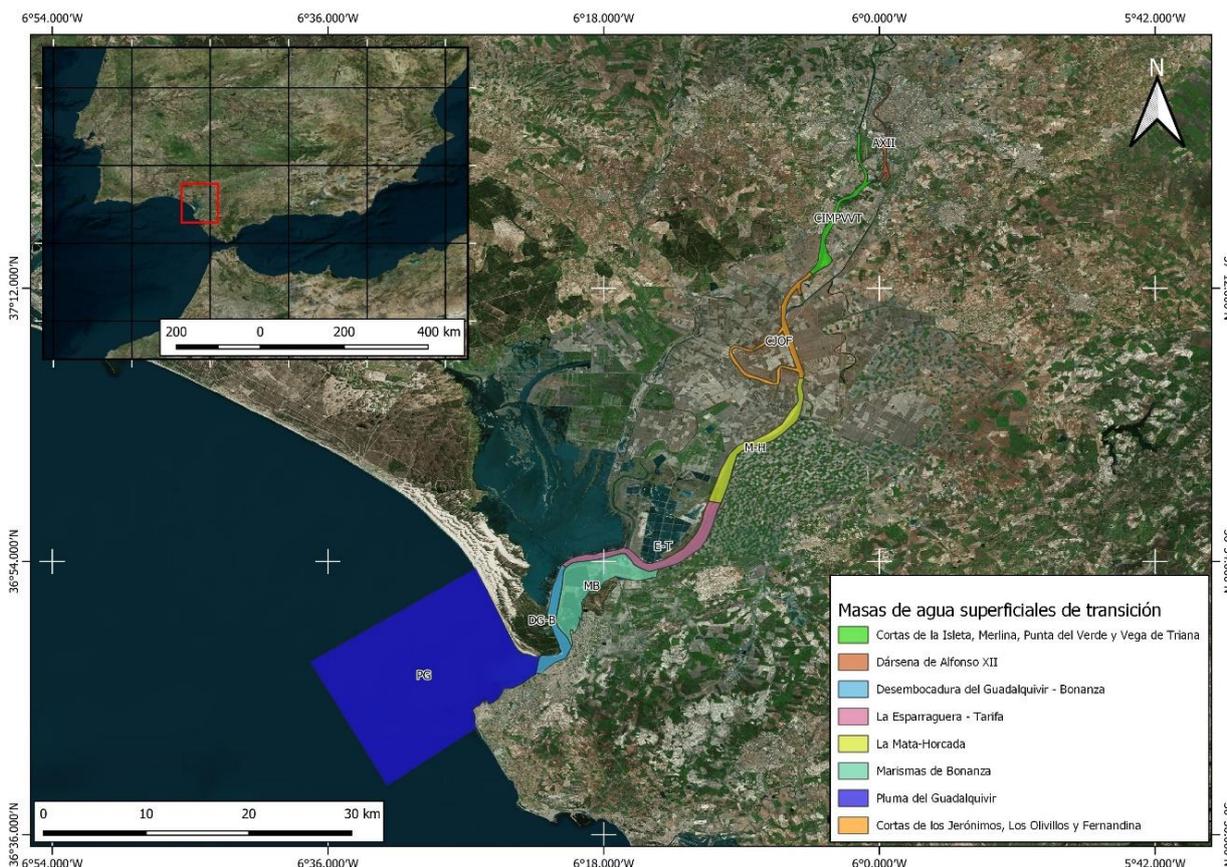


Ilustración 12. Masas de agua superficiales de transición (fuente: PH de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir, 2015-2021).

Tabla 4. Estado de las masas de agua del Guadalquivir. Fuente: PH Guadalquivir. Elaboración propia, 2021.

Masa de Agua	Estado Biológico	Físico Químico	Estado Ecológico	Estado Químico	Estado Global
Pluma del Guadalquivir	Muy bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Desembocadura del Guadalquivir – Bonanza	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Marismas de Bonanza	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

Masa de Agua	Estado Biológico	Físico Químico	Estado Ecológico	Estado Químico	Estado Global
La Esparraguera – Tarfia	Moderado	Moderado	Moderado	Bueno	No Alcanza Bueno
La Mata – La Horcada	Moderado	Moderado	Moderado	Bueno	No Alcanza Bueno
C. de los Jerónimos, Los Olivillos y Fernandina	Bueno	Moderado	Moderado	Bueno	No Alcanza Bueno
C. de Isleta Merlina, P. del Verde y Vega de Triana	Moderado	Moderado	Moderado	Bueno	No Alcanza Bueno
Dársena de Alfonso XII	Moderado	Moderado	Moderado	Bueno	No Alcanza Bueno

El Plan Hidrológico define diversos indicadores para determinar la calidad físico-química de las aguas (conductividad, pH, oxígeno, saturación de oxígeno, DBO5, nitrato, amonio y fósforo total), pero no establece ninguno relativo a la turbidez o los sólidos en suspensión. Por ello, para definir los umbrales para los sólidos en suspensión, se acude a la Orden 14 febrero de 1997 por la que se clasifican las aguas litorales andaluzas, y se establecen objetivos de calidad, según la clasificación de las aguas en normales, limitadas, especiales y menos limitadas.

La Orden de 14 de febrero de 1997 establece que, para las aguas normales, como es la de estudio, establece que el valor umbral es 1,2 veces la media normal de la zona.

Para conocer el valor medio normal en la zona se han consultado los datos de la Red de Control de Calidad de las Aguas de las Demarcaciones Hidrológicas Intracomunitarias (https://laboratorioediam.cica.es/Visor_DMA?urlFile=http://laboratorioediam.cica.es/Visor_DMA/service_xml/capas_dma.xml), de las 7 estaciones existentes en la zona de estudio (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), las más cercanas a las zonas de vertido son la estación 51C0120 (Pluma del Guadalquivir 5, cercana al vaciadero marino) y la 51C0150 (Pluma del Guadalquivir 7) junto a la playa. Sin embargo, la estación 51C0120 no dispone de datos, y la 51C0150 dispone de muchos datos, pero sólo del año 2008, por este motivo, para calcular los valores medios se han tomado los datos de la estación 51C0130 Pluma del Guadalquivir 2 (para el vaciadero marino) y de las estaciones 51C0150 Pluma del Guadalquivir 7 y 51T0120 Desembocadura del Guadalquivir – Bonanza, para la playa.

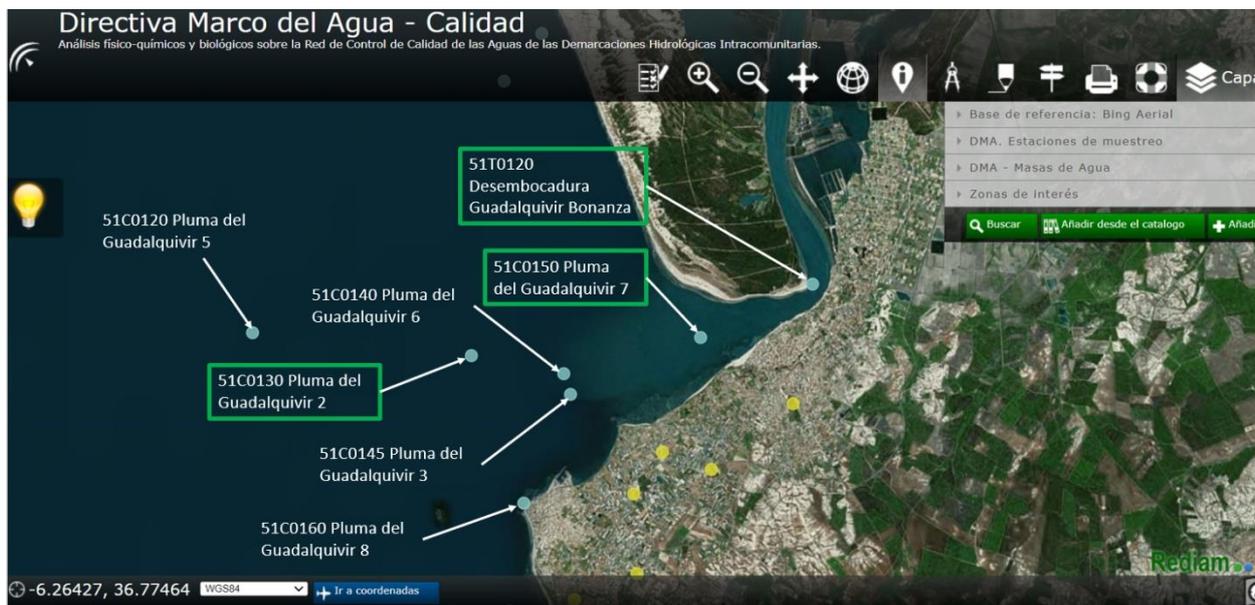


Ilustración 13. Ubicación de las estaciones de calidad en la zona (en verde, las empleadas para calcular los valores de referencia).

En dichas estaciones hay datos de turbidez y sólidos en suspensión. Los datos de turbidez están disponibles desde 2008 hasta 2021, mientras que los de sólidos en suspensión desde 2008 hasta 2015. A continuación, se muestran los valores registrados para ambos parámetros en cada estación, marcando en rojo los valores extremos (superiores a 1000 NTU o 1000 mg/l).

Tabla 5. Resultados de turbidez y sólidos en suspensión en la estación 51C0130 Pluma del Guadalquivir 2.

Año	Turbidez (NTU)	Sólidos en suspensión (mg/l)
2008	4300	1440
2008	17	3890
2008	-	28
2009	6,5	11
2009	1,5	9
2009	1,6	12
2010	11	21
2010	5.7	14
2010	79	72
2011	93	111
2011	<4	2.4
2011	5.22	25.4
2012	5.84	7.2
2012	10.5	4.8
2012	<4	17.8
2012	3000	1443

Año	Turbidez (NTU)	Sólidos en suspensión (mg/l)
2013	61.6	70
2013	40.9	73
2013	3.5	4.9
2013	<4	2.9
2013	30.5	45
2013	10.8	17.5
2013	6.6	10.1
2013	7.1	4.2
2014	114	167
2014	<4	<2,5
2014	4.05	10
2014	6.9	15.3
2015	<4	4.4
2015	<4	4
2015	11.4	24.9
2015	4.21	6
2020	7.4	
2020	12.3	
2021	23.2	
2021	<4	
2021	<4	
2021	<4	
2021	4.71	
2021	<4	
2021	<4	
2021	<4	
2021	<4	
2021	<4	
MEDIA	188,38	236
MEDIA SIN EXTREMOS	15,30	27,45

Como se aprecia en la Tabla 5, los valores medios de turbidez y sólidos en suspensión son muy altos, de 188 NTU y 236 mg/l (en los casos en el que valor era inferior al límite se ha tomado la mitad del límite como valor para calcular la media), respectivamente. Sin embargo, estos valores medios están muy condicionados por valores puntuales extremos, como son los 4.300 NTU de 2008 y los 3000 NTU de 2012, así como los 1.440 mg/l, 3.890 mg/l de 2008 y los 1.443 de 2012. Sin tener estos valores extremos para el cálculo de la media, los valores son de 15,30 NTU y 27,45 NTU.

Adicionalmente, hay que destacar que, en el marco del seguimiento ambiental de los dragados de mantenimiento realizados en los años 2019, 2020 y 2021, se han realizado campañas de medición de turbidez en el vaciadero marino, tanto en fase preoperacional como postoperacional, los valores han

estado entre 10 y 25 NTU en 2019, entre 5 y 10 NTU en 2020 y 2021. Se aprecia por tanto que los valores medios en la zona del vaciadero son similares a los de la estación Pluma del Guadalquivir 2.

Tabla 6. Resultados de turbidez y sólidos en suspensión en la estación 51T0120 Desembocadura Guadalquivir - Bonanza.

Año	Turbidez (NTU)	Sólidos en suspensión (mg/l)
2008	4300	1440
2008	19	3890
2008	-	28
2009	873	517
2009	36	44
2009	89	123
2010	69	54
2010	38	40
2011	1060	1010
2011	760	622
2011	257	341
2011	344	122
2012	125	152
2012	429	322
2012	131	<2
2012	458	920
2013	>4000	3348
2013	779	582
2013	106	109
2013	137	136
2013	111	101
2013	37.3	45
2013	23.4	22.8
2014	1600	856
2014	96	139
2014	129	158
2014	62.5	87
2015	34	36.7
2015	55.8	90
2015	254	270
2016	17.6	
2017	43.1	
2017	<4	

Año	Turbidez (NTU)	Sólidos en suspensión (mg/l)
2017	<4	
2017	14	
2018	4.39	
2018	261	
2019	10	
2019	15	
2019	55.9	
2020	44.2	
2020	27.2	
2021	81	
2021	64.4	
2021	59.9	
2021	49.8	
2021	37	
2021	12.2	
2021	44.9	
2021	<4	
2021	22.5	
2022	8.5	
MEDIA	339	398
MEDIA SIN EXTREMOS	134	227

Como se aprecia en la Tabla 6, los valores medios sin considerar los extremos, son de 134 NTU y 227 mg/l. En cuanto a la estación 51C0150 Pluma del Guadalquivir 7, los datos para 2008 se muestran a continuación.

Tabla 7. Resultados de turbidez y sólidos en suspensión en la estación 51C0150 Pluma del Guadalquivir 7.

Año	Turbidez (NTU)	Sólidos en suspensión (mg/l)
2008	150	840
2008	34	3040
2008	21	2320
2008	3800	58
2008	360	1092
2008	330	62
2008	2500	413
2008	3900	691
2008	550	800
2008	180	311

Año	Turbidez (NTU)	Sólidos en suspensión (mg/l)
2008	310	259
2008	1700	301
2008	1300	1362
2008	17	772
2008	270	35
2008	750	239
2008	27	449
2008	12	40
2008	90	37
2008	50	129
2008	36	137
2008	55	62
2008	120	63
2008	70	128
2008	40	101
2008	50	70
2008	85	87
2008	19	137
2008	18	62
2008	36	43
2008	130	83
2008	27	193
2008	12	55
2008	19	19
2008		22
MEDIA	502	414
MEDIA SIN EXTREMOS	133	216

Como se aprecia en la Tabla 7, los valores medios de turbidez y sólidos en suspensión en la estación 51C0150 Pluma del Guadalquivir 7, sin considerar los valores extremos, son de 133 NTU y 216 mg/l, como se ve, muy similares a los 134 NTU y 227 mg/l de la estación Desembocadura Guadalquivir – Bonanza.

A la vista de los resultados de valores medios expuestos, se toman, como valores umbrales para la calidad del agua, en el vaciadero y en la zona de playa, los siguientes:

Tabla 8. Valores medios y umbrales de turbidez y sólidos en suspensión en las 2 zonas de vertido.

Parámetro	Vaciadero		Playa	
	Media	Umbral (1,2*media)	Media	Umbral (1,2*media)
Turbidez (NTU)	15,3	18,36	133,5	160,2

Parámetro	Vaciadero		Playa	
	Media	Umbral (1,2*media)	Media	Umbral (1,2*media)
Sólidos en suspensión (mg/l)	27,45	32,94	221,5	265,8

7 DESCRIPCIÓN DEL MODELO NUMÉRICO

Durante su precipitación por gravedad, las partículas puestas en suspensión durante el vertido están sometidas a procesos de advección (transporte por las corrientes) y difusión (dispersión debido al flujo turbulento). Para la simulación de estos modelos se emplea el modelo MOHID.

7.1 MODELO MOHID

Para la simulación de la dispersión de finos se ha empleado el modelo hidrodinámico MOHID. Éste es un programa de simulación hidrodinámica tridimensional, que incluye un módulo hidrodinámico baroclínico y un modelo 3D para los módulos lagrangianos y eulerianos de transporte de sedimentos y otras sustancias. El modelo ha sido desarrollado por el Instituto Superior Técnico de Lisboa, en colaboración con Hidromod Lda. (www.mohid.com).

El módulo hidrodinámico permite simular la propagación de la onda de marea, así como las corrientes inducidas por el viento y las corrientes de densidad.

Para la simulación del comportamiento y evolución de los sedimentos puestas en suspensión durante las operaciones de vertido se han empleado los módulos *Discharge* y *Free Vertical Movement*. El primero de ellos permite definir la ubicación y volumen del material puesto en suspensión durante el vertido, así como sus características (en este caso se trata de un trazador conservativo), mientras que el segundo permite definir el comportamiento de las partículas en vertical (velocidad de caída y floculación). La velocidad de caída se calcula en función del tamaño medio y densidad del sedimento, las cuáles se indican para cada simulación realizada en función de la granulometría de la zona.

Para la configuración del modelo se ha discretizado el dominio vertical mediante coordenadas SIGMA (el espesor de las capas se ajusta a la profundidad de la zona tal y como se muestra en la siguiente figura). En la siguiente figura se muestra el esquema de discretización vertical del medio, con coordenadas SIGMA.

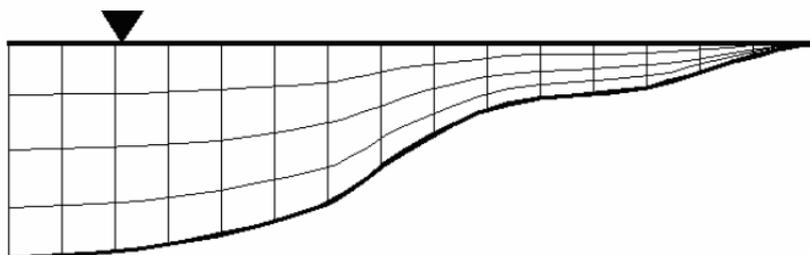


Ilustración 14. Esquema de discretización vertical del dominio con coordenadas SIGMA.

7.1.1 Definición del modelo de cálculo

El Modelo Digital del Terreno necesario para la simulación se ha elaborado a partir de los datos del Atlas Digital GEBCO, de las cartas náuticas de la zona y de la batimetría de detalle de la desembocadura. Para garantizar la correcta simulación de los fenómenos hidrodinámicos y la estabilidad numérica de los cálculos, se ha empleado un esquema de anidamiento sucesivo de mallas, con 3 niveles, que se describen y muestran a continuación:

- Malla exterior: compuesta por celdas de 2000 m de lado, con 128 celdas en el eje X y 250 en el Y, formando un rectángulo con unas dimensiones totales de 256 por 500 km.
- Malla de aproximación: compuesta por celdas de 400 m de lado, con 180 celdas en el eje X y 200 en el eje Y, formando un rectángulo de 72 por 80 km.
- Mallas de detalle: compuesta por celdas de 100 m de lado, con 142 en el eje X y 145 en el eje Y, para un rectángulo de 14,2 por 14,5 km para el caso del vaciadero, y de 142 por 182 para el vertido en playa.

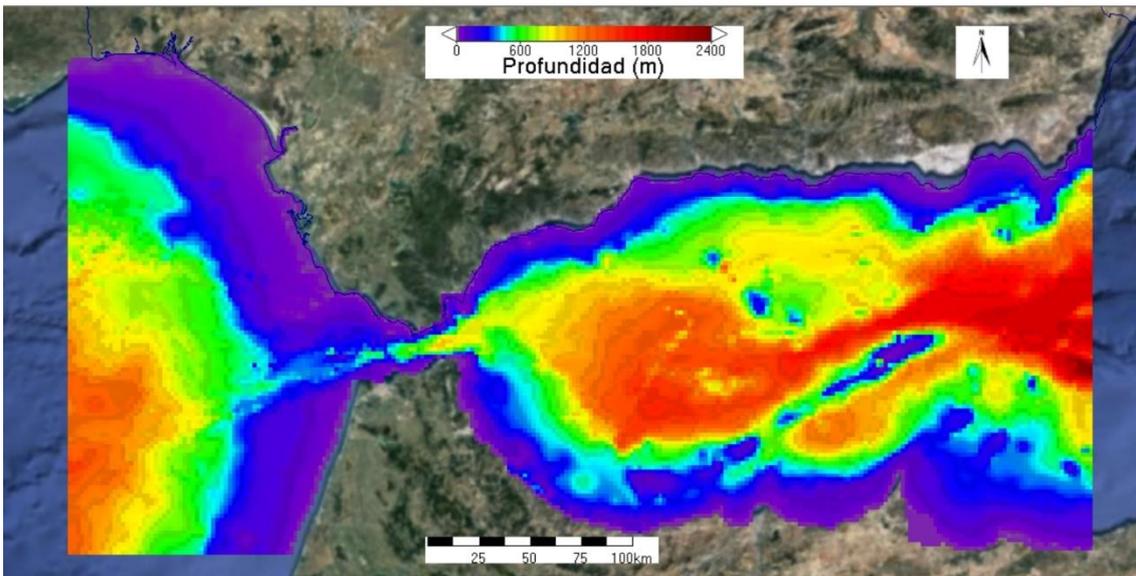


Ilustración 15. Malla de cálculo general del Estrecho de Gibraltar.

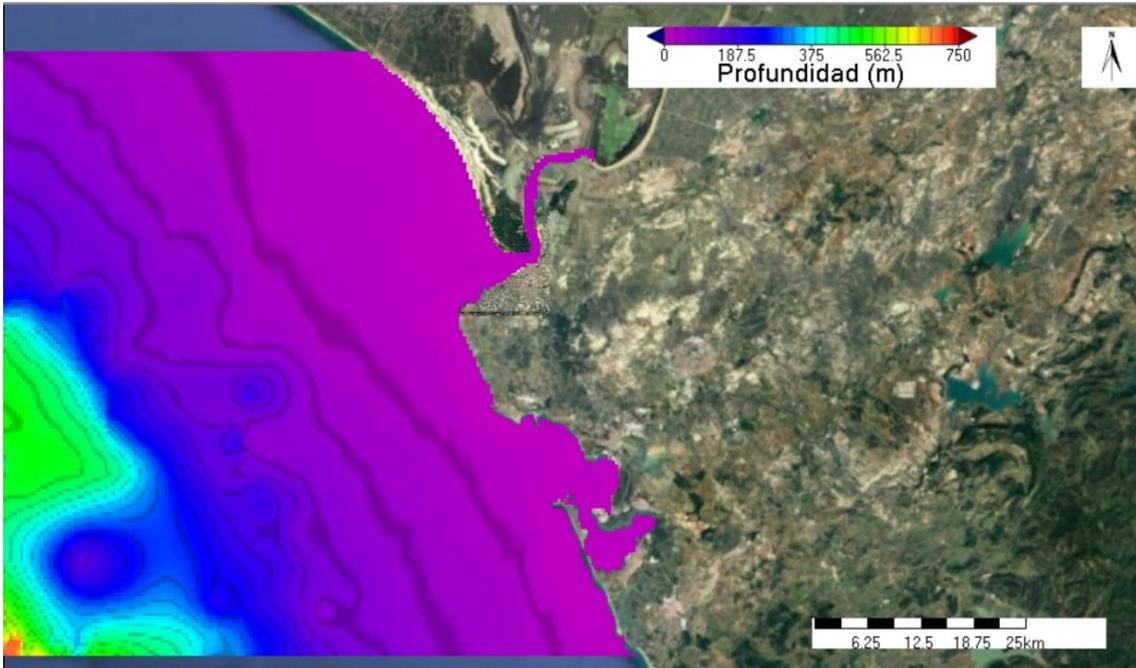


Ilustración 16. Malla de aproximación.

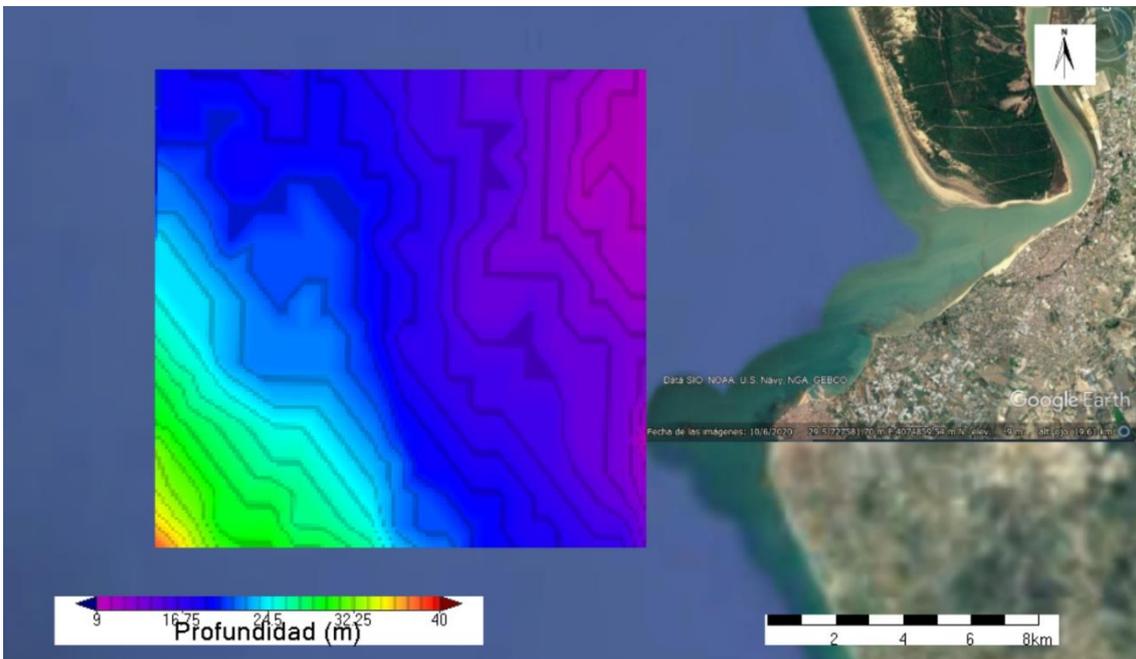


Ilustración 17. Batimetría de detalle en la zona del vaciadero marino.

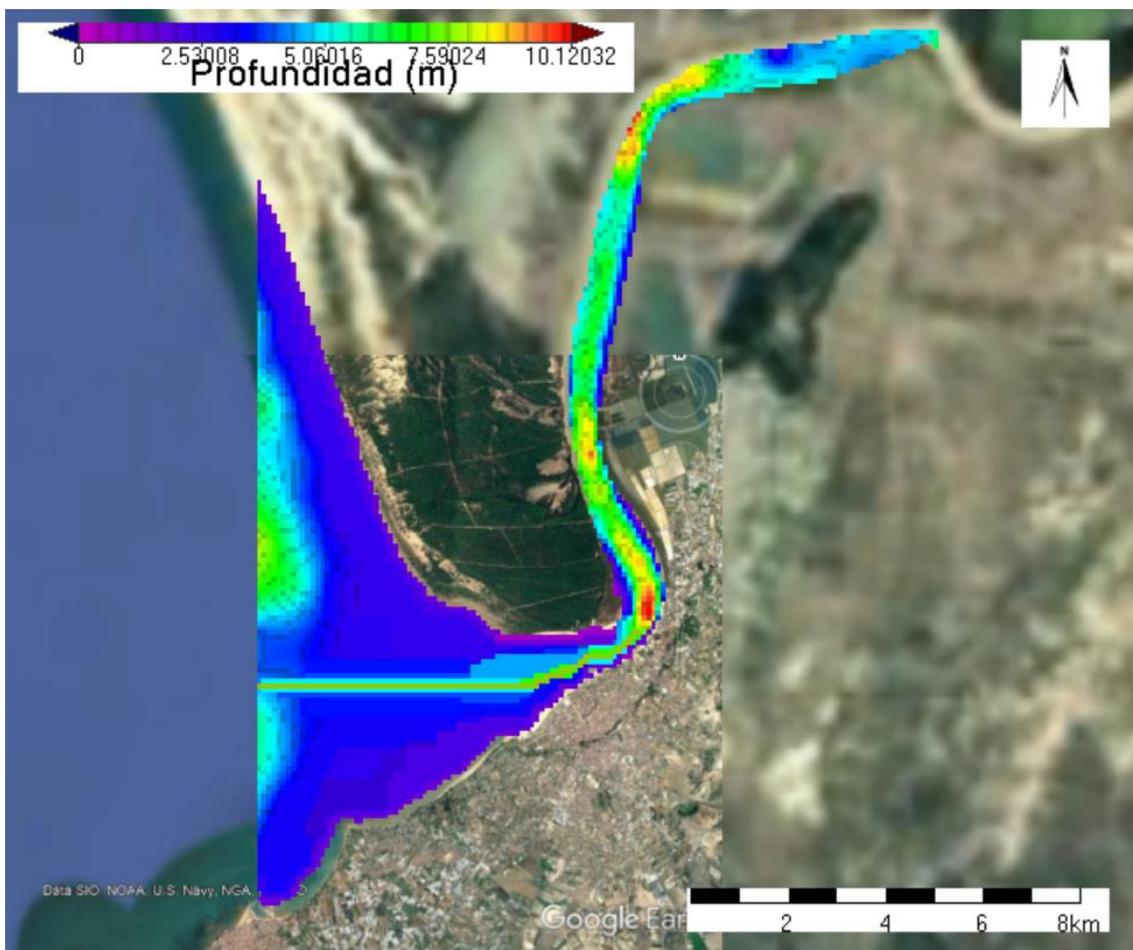


Ilustración 18. Batimetría de detalle en la zona de aporte a playa.

7.1.2 Simulación del fenómeno de la dispersión

Tal y como se ha indicado, MOHID es un modelo 3D de simulación hidrodinámica, que permite reflejar los efectos sobre el movimiento de las masas de agua debidos a los diversos forzadores (marea, presión, viento, descargas de ríos, oleaje, diferencias de densidad...). Además de la simulación hidrodinámica en sí, el modelo permite, a través de diversos módulos, la simulación del comportamiento de muy diversos elementos en el agua (contaminantes, huevos de peces, coliformes...). En este caso, para la simulación de la dispersión de sólidos en suspensión, el modelo dispone del módulo *discharges*, en el que se define la introducción de las partículas en suspensión a partir de una concentración, una duración y un caudal, ubicado en un lugar (o varios) del dominio de cálculo. También se indican las características de las partículas y el modelo simula su evolución en la columna de agua.

8 DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS DE SIMULACIÓN

La definición de los escenarios se ha realizado teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Variabilidad de la marea: dado que se trata de una zona mesomareal, en la que las corrientes de marea varían mucho en función de si se trata de mareas muertas o vivas, se ha optado por seleccionar la situación que más dispersión del sedimento provoca, que es la situación de mareas vivas.
- Ubicación de los principales receptores (zonas protegidas): tal y como se ha mostrado en el apartado de descripción del medio, en el vaciadero marino, la zona sensible más cercana es la ZEPA Golfo de Cádiz, al oeste. En la zona de aportación a playas, las zonas más sensibles están al noroeste, en la otra margen de la desembocadura, pues se encuentra la ZEC Doñana, y la zona de producción de moluscos AND108.
- Sólidos puestos en suspensión: en cuanto a la cantidad de sólidos puestos en suspensión, en el vertido en el vaciadero, se ha considerado que queda en suspensión el 5% de los finos, y que el resto desciende en colapso al fondo (Van Rijn, 2020). En el aporte a playa, se ha considerado que son menos del 2%.
- Patrón de vientos: dada la distribución de vientos (con vientos más frecuentes e intensos del W-NW y SE) y la ubicación de las zonas sensibles, se han considerado vientos del W y E, con intensidades entre 4 y 12 m/s.
- Ubicación de zona de vertido: en la zona de vertido, se ha considerado que el vertido se realiza en la zona central del vaciadero, situada a unos 3.500 m del límite de la ZEPA "Golfo de Cádiz".
- Características del sedimento: según los datos de los seguimientos de los dragados de mantenimiento del Guadalquivir, el contenido en finos del material vertido a vaciadero es bajo, no suele superar el 5%, vertiéndose allí principalmente material descartado para playa por su alto contenido en conchas. El material vertido en la playa tiene, por norma, un contenido en finos inferior al 5%. Para todos los casos se ha considerado una densidad de 2.650 kg/m³. En cuanto al tamaño de los finos, se ha tomado un valor de 0,005 mm.
- Duración de la simulación: se simulan 48 horas seguidas, con ciclos de 2,5 horas. El primer ciclo comienza a las 3 horas, y el último se realiza 36 horas después del inicio de la simulación, transcurriendo las últimas 12 horas sin dragado.

Atendiendo a estos criterios, se han simulado las siguientes condiciones, que contemplan el peor escenario posible:

- En el vaciadero marino se han simulado 2 escenarios, mareas vivas con viento del W y del E.
- En la zona de aporte a playa se ha simulado un escenario con mareas vivas y viento del E.

9 RESULTADOS

9.1 ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS EN EL FONDO

Durante los seguimientos ambientales de los dragados de mantenimiento del río, se han realizado batimetrías en el vaciadero marino. En el presente apartado se muestran, en primer lugar, las cantidades de sedimento vertidas a los distintos destinos, así como su reparto porcentual. Posteriormente, se muestran los resultados de las batimetrías realizadas, en las que se aprecia el montículo generado por la acumulación de los sedimentos.

Tabla 9. Resumen de los destinos del sedimento dragado

Anualidad de dragado	Destino a vaciadero marino (m ³)	Destino a vaciadero terrestre (m ³)	Destino aporte a playas (m ³)	Doñana (m ³)
2011	250.945	214.514	0	-
2013	485.072	272.510	0	-
2015	267.870	249.726	62.689	-
2016	570	242.293	55.108	-
2017	0	220.195	40.200	-
2019	16.041	333.158	112000	-
2020	5.677	305.539	43.017	-
2021	21.417	275.464	-	62.000

Tabla 10. Reparto porcentual entre destinos del sedimento dragado

Anualidad de dragado	Destino a vaciadero marino (%)	Destino a vaciadero terrestre (%)	Destino aporte a playas (%)	Doñana (%)
2011	53.91%	46.09%	0.00%	0.00%
2013	64.03%	35.97%	0.00%	0.00%
2015	46.16%	43.04%	10.80%	0.00%
2016	0.19%	81.31%	18.49%	0.00%
2017	0.00%	84.56%	15.44%	0.00%
2019	3.48%	72.24%	24.28%	0.00%
2020	1.60%	86.25%	12.14%	0.00%
2021	5.97%	76.76%	0.00%	17.28%

Como se aprecia en la Tabla 9 y en la Tabla 10, el volumen aportado a vaciadero marino ha experimentado una reducción notable desde 2011 hasta 2021, tanto en cantidad absoluta vertida, como en la proporción del material dragado que tiene como destino el vaciadero marino. El cambio en el destino asignado a los materiales dragados se da en 2016, así, comparando los valores medios en los primeros tres años (2011, 2013 y 2015), con los de los últimos tres años (2019, 2020 y 2021), se observa que, la cantidad media vertido al vaciadero marino pasa de 334.629 m³, a 14.378 m³. En este periodo el volumen medio dragado

pasa de 601.108 m³ en los tres primeros años, a 391.437 m³ en los últimos tres. Es decir, la reducción del volumen vertido al vaciadero es mucho mayor que la reducción del volumen dragado. Esto se aprecia al analizar la evolución del porcentaje destinado al vaciadero, que pasa de un 55,67% en los tres primeros años, a un 3,67% en los tres últimos. En esta modificación son de vital importancia tres elementos, por un lado, el incremento de material destinado a vaciaderos terrestres (que pasa de un 40,8% a un 77,8%), donde se reutiliza para usos económicos y para crear zonas de anidamiento de aves, y por otro, el inicio en 2015 de su uso para la regeneración de playas, y, desde 2021, para la protección de la margen de Doñana.

Esta evolución muestra por lo tanto una mejora en la gestión del material, minimizando el material que se desecha y la que no se la asigna ningún uso, vertiéndolo al mar, además de reducir los impactos del mismo sobre el medio marino.

A continuación, se muestran los datos de batimetría en el vaciadero, tanto en 2015, como en 2021.

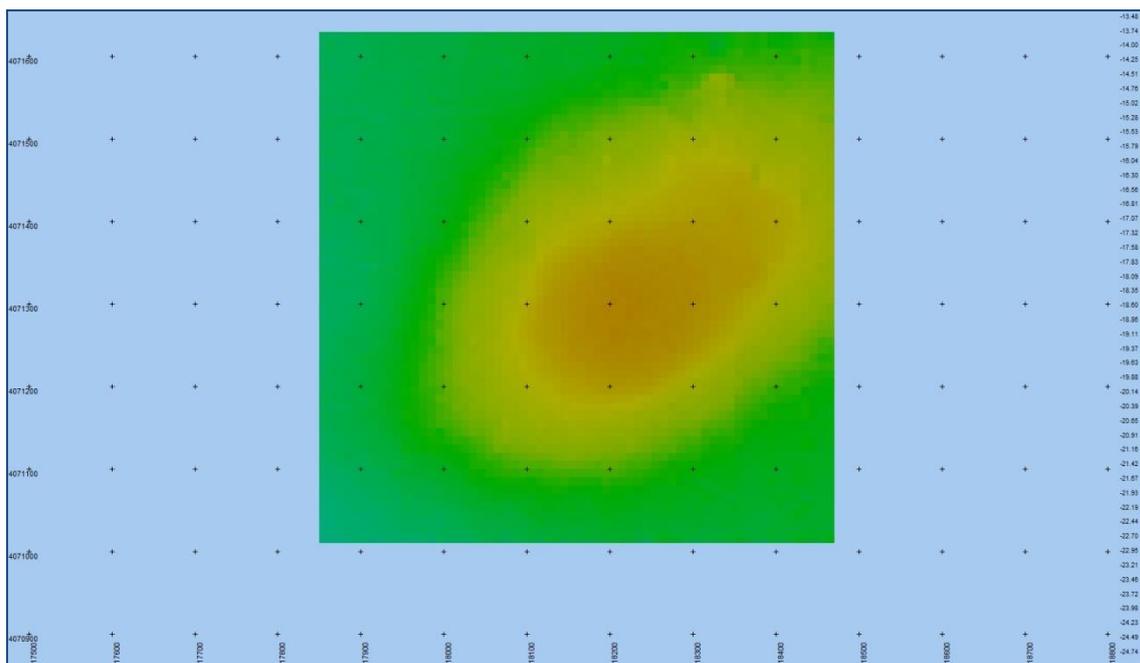


Ilustración 19. Batimetría inicial del vaciadero marino. 2015.

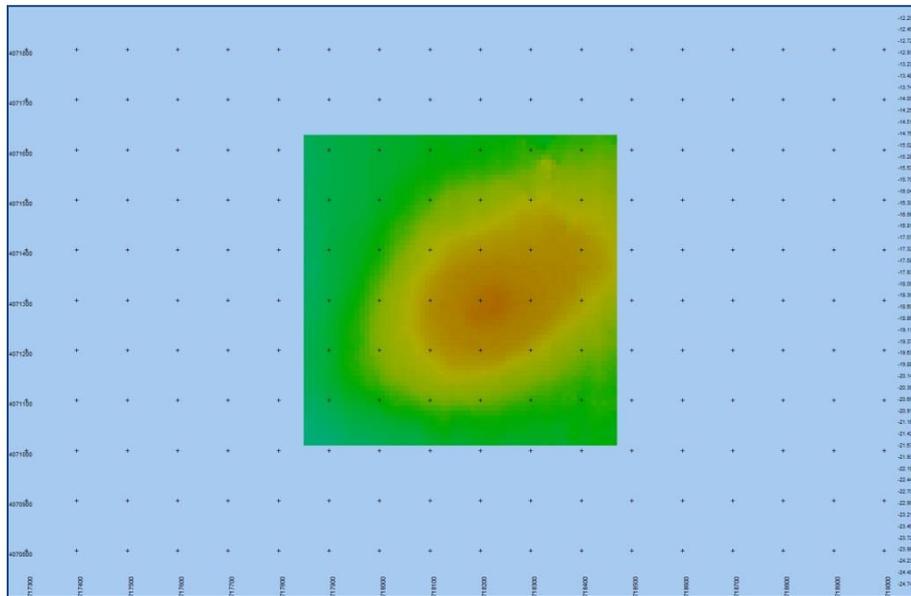


Ilustración 20. Batimetría del vaciadero marino al 70% de los vertidos.

En la Ilustración 19 y la Ilustración 20 se muestra la batimetría del vaciadero antes de verter el material en 2015, y tras verter el 70% de dicho material. En ambas ilustraciones se aprecia claramente que en el vaciadero existe un montículo provocado por los sucesivos vertidos. Este montículo tiene una forma ovalada, con una longitud de unos 700 m en el eje más largo, y de unos 540 m en el más corto. Este montículo tiene su base sobre los 18 m de profundidad, y en su coronación alcanza los 13,8 m antes del vertido del material de 2015. Después del vertido, aunque no se modifica la extensión, sí se modifican las cotas del montículo, alcanzado éste una cota de 13 m en su punto más alto.

En la Ilustración 21 se muestra la batimetría del vaciadero marino en 2021, en ella se aprecia que la forma es idéntica, siendo las cotas también muy similares, llegando el montículo, en su punto más alto, a unos 13 m de profundidad.

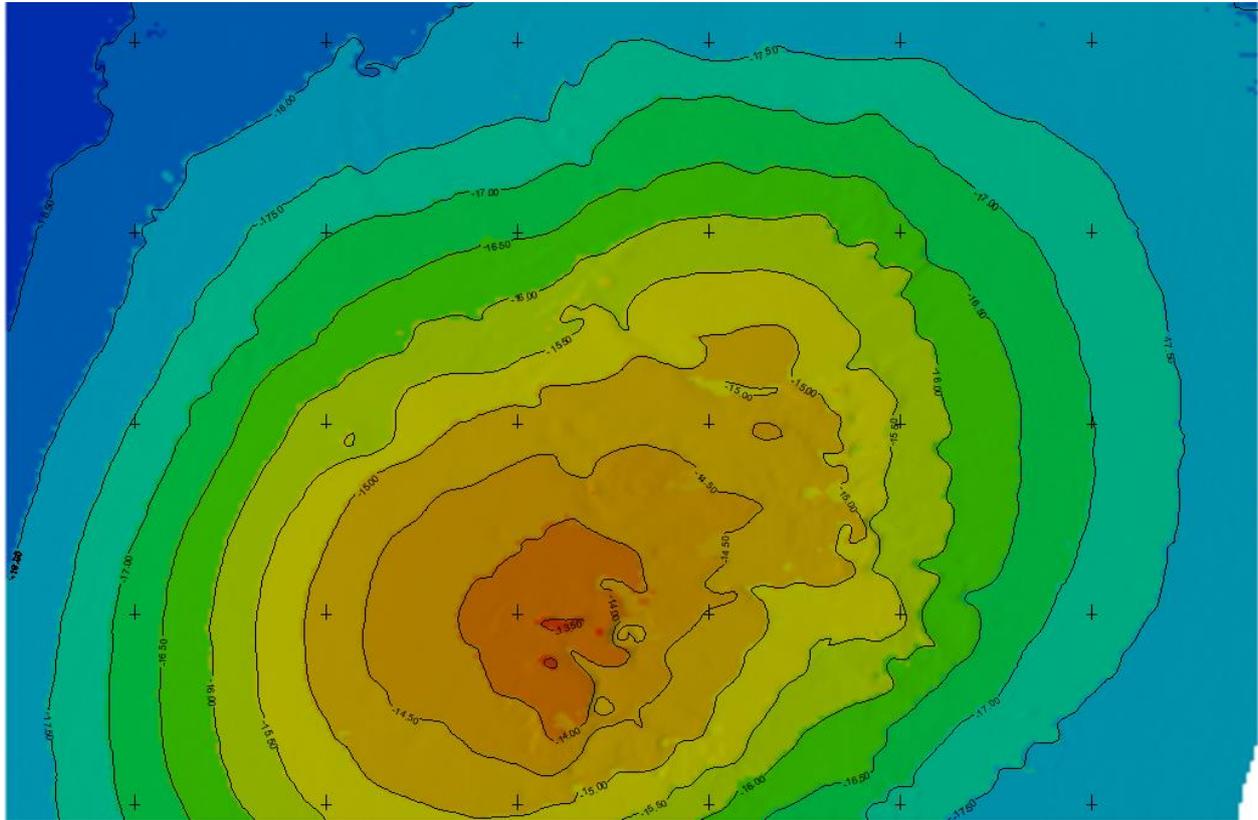


Ilustración 21. Batimetría del vaciadero tras vertido de 2021.

Para un mayor detalle de la variación de la profundidad en el vaciadero, se muestra el plano de diferencias de cota en el mismo, tras el vertido de 2021.

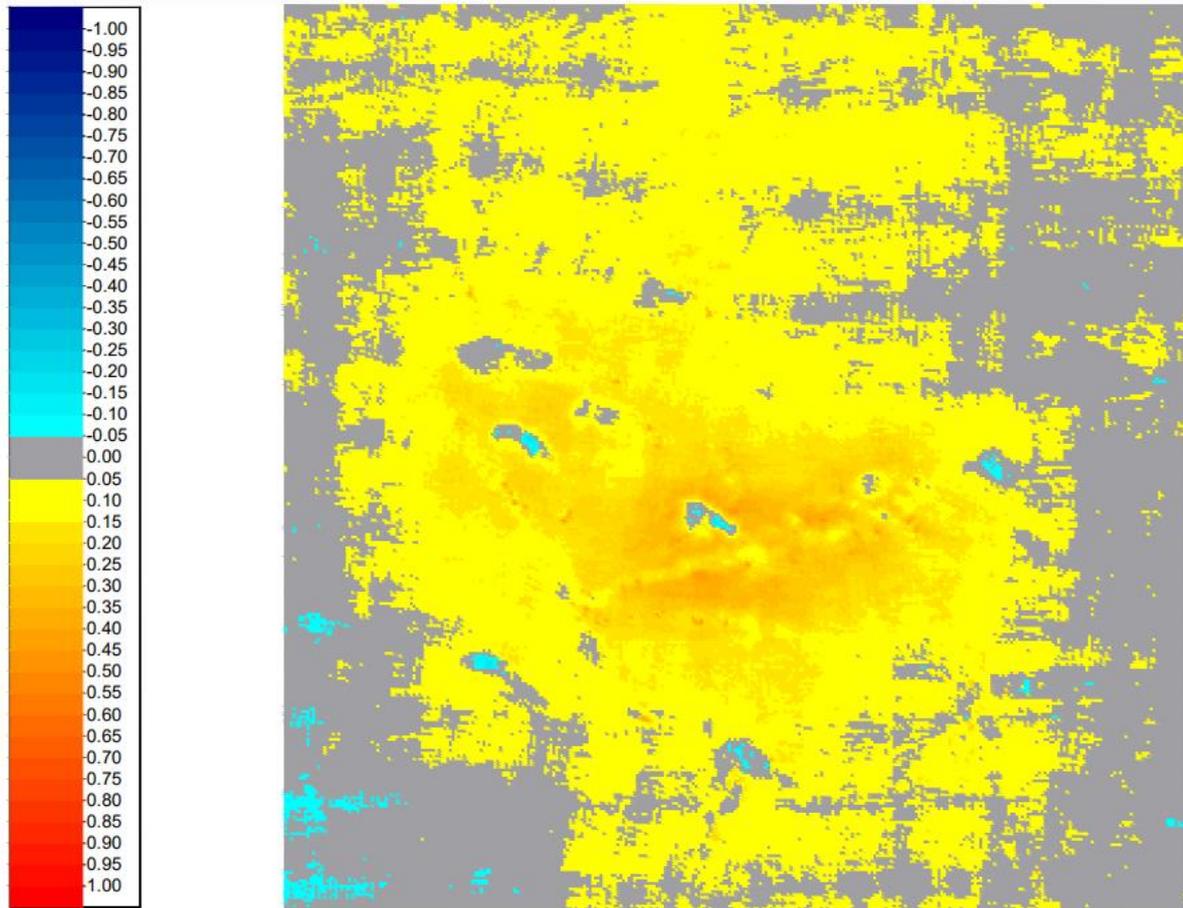


Ilustración 22. Variación de cota entre antes y después del vertido de 2021.

Como se aprecia en la Ilustración 22, las variaciones en la zona central, donde más se acumula el material, es de unos 20-30 cm, y de unos 10 en el resto. La estimación de la variación de volumen arroja un resultado de 30.338 m³, valor superior a los 21.417 m³ realmente vertidos.

Estos resultados muestran que el material queda casi en su totalidad dentro del área del vaciadero, puesto que éste es un cuadrado de 600 m de lado, y que la principal variación de la batimetría se produjo con anterioridad a 2015, cuando se vertieron los mayores volúmenes. Los vertidos más recientes han supuesto variaciones mínimas en la profundidad y orografía del fondo.

9.2 DISPERSIÓN DE FINOS CON MOHID

Los resultados de la dispersión de finos con MOHID se muestran, en primer lugar, en planta, de forma que se aprecia la forma de la pluma generada por el vertido, y, para obtener un mayor grado de detalle de la evolución de la concentración de sólidos en suspensión en la columna de agua, se han definido una serie de puntos de control próximos al límite de la ZEPA, en los que se representa la concentración de finos a lo largo del tiempo. En la Ilustración 23 se muestra la ubicación de los puntos de control en los que se ha registrado la evolución temporal de la concentración de sólidos en suspensión.



Ilustración 23. Ubicación de los puntos de control junto al límite de la ZEPA (línea naranja),

9.2.1 Escenario 1: vertido en vaciadero con viento del E

Se muestran los resultados de este escenario a continuación.

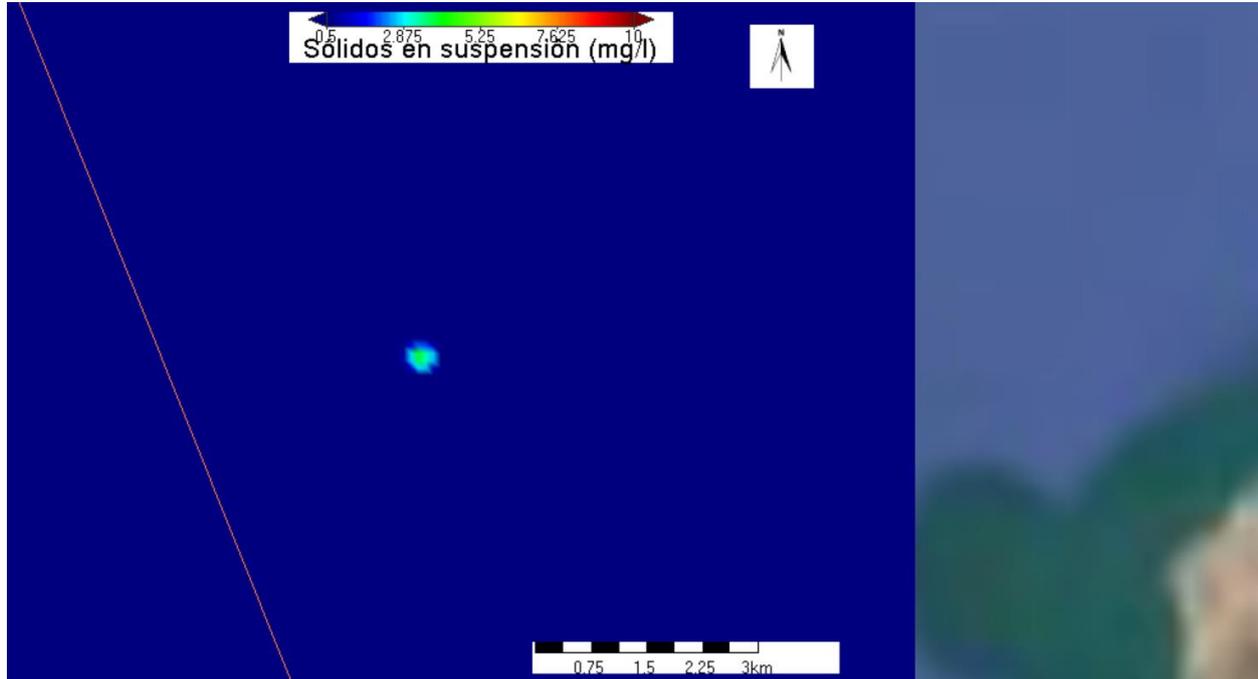


Ilustración 24. Sólidos en suspensión en superficie en el momento que finaliza el primer vertido.

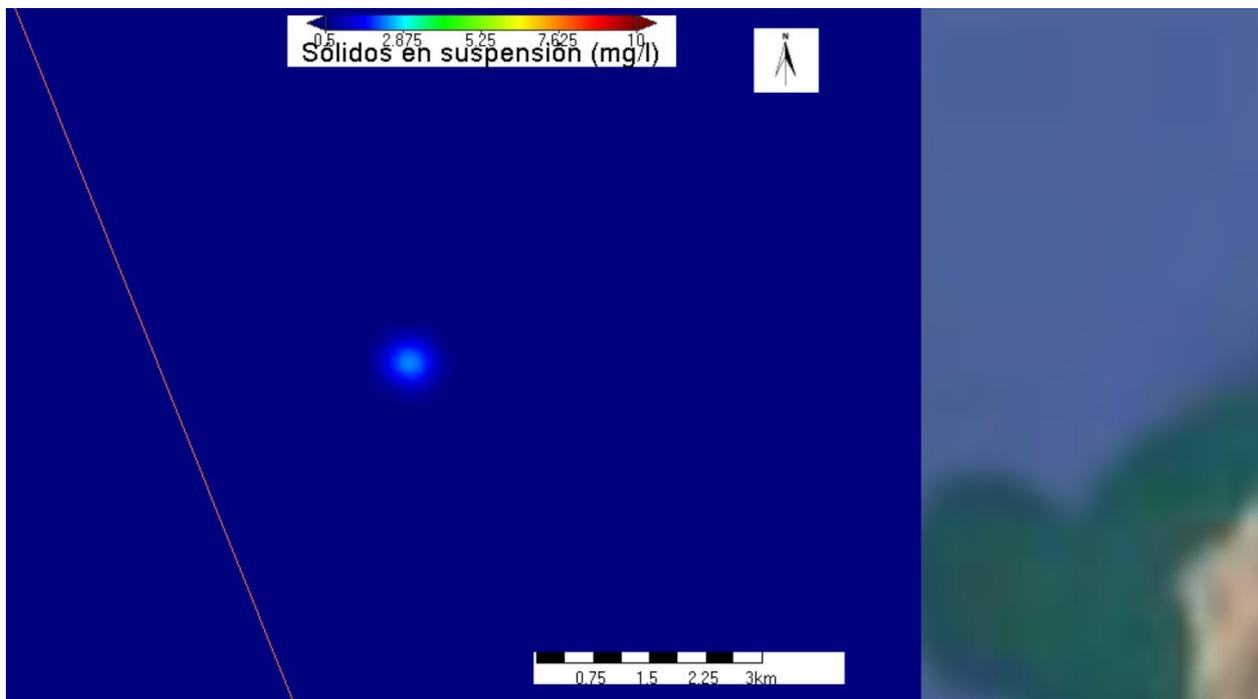


Ilustración 25. Sólidos en suspensión en superficie una hora después del primer vertido.

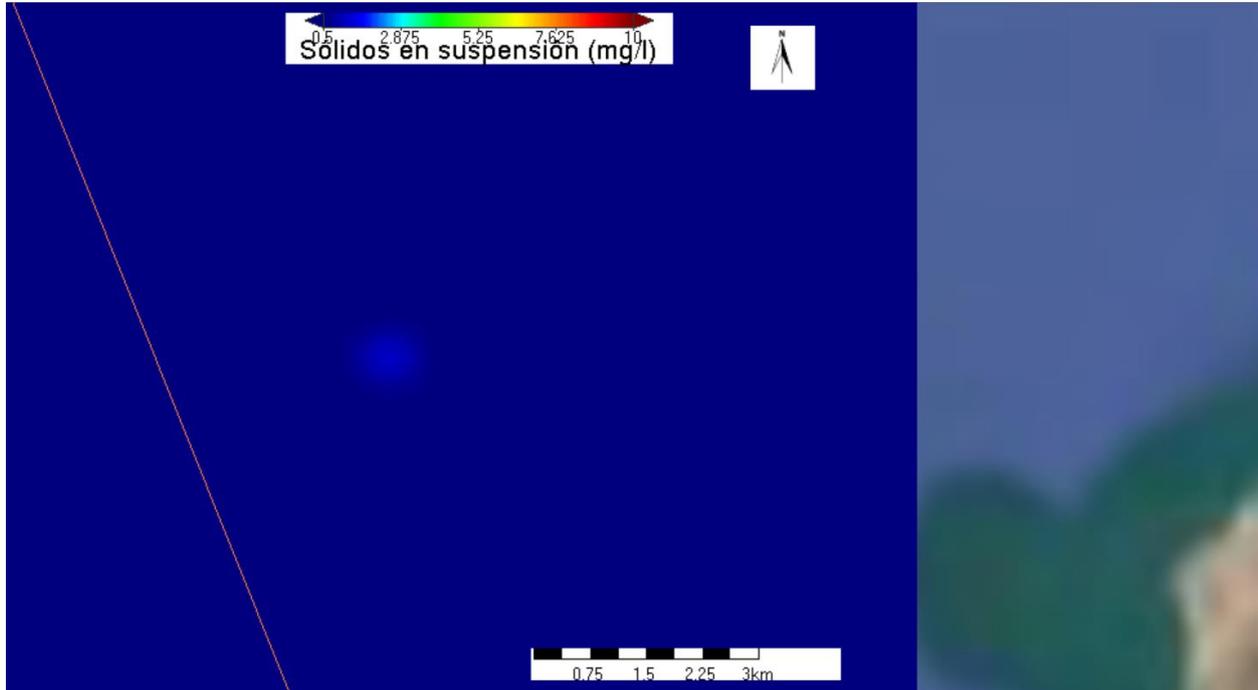


Ilustración 26. Sólidos en suspensión en superficie dos horas después del primer vertido.

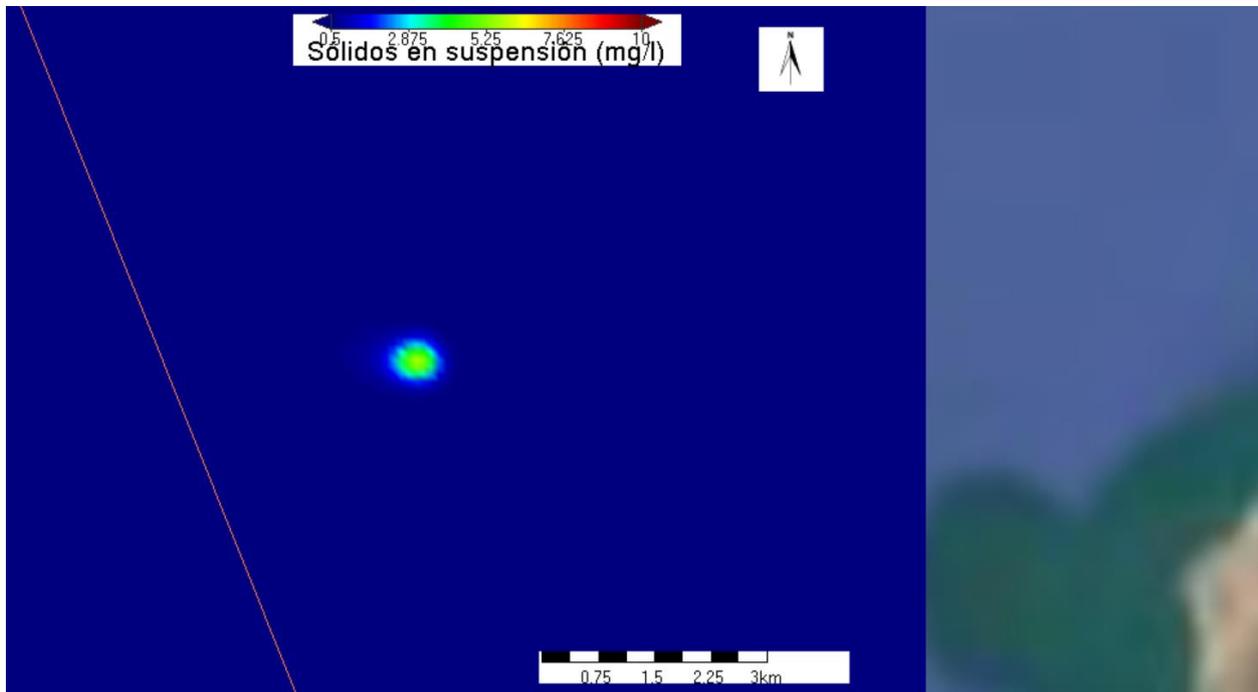


Ilustración 27. Sólidos en suspensión al empezar el segundo vertido.

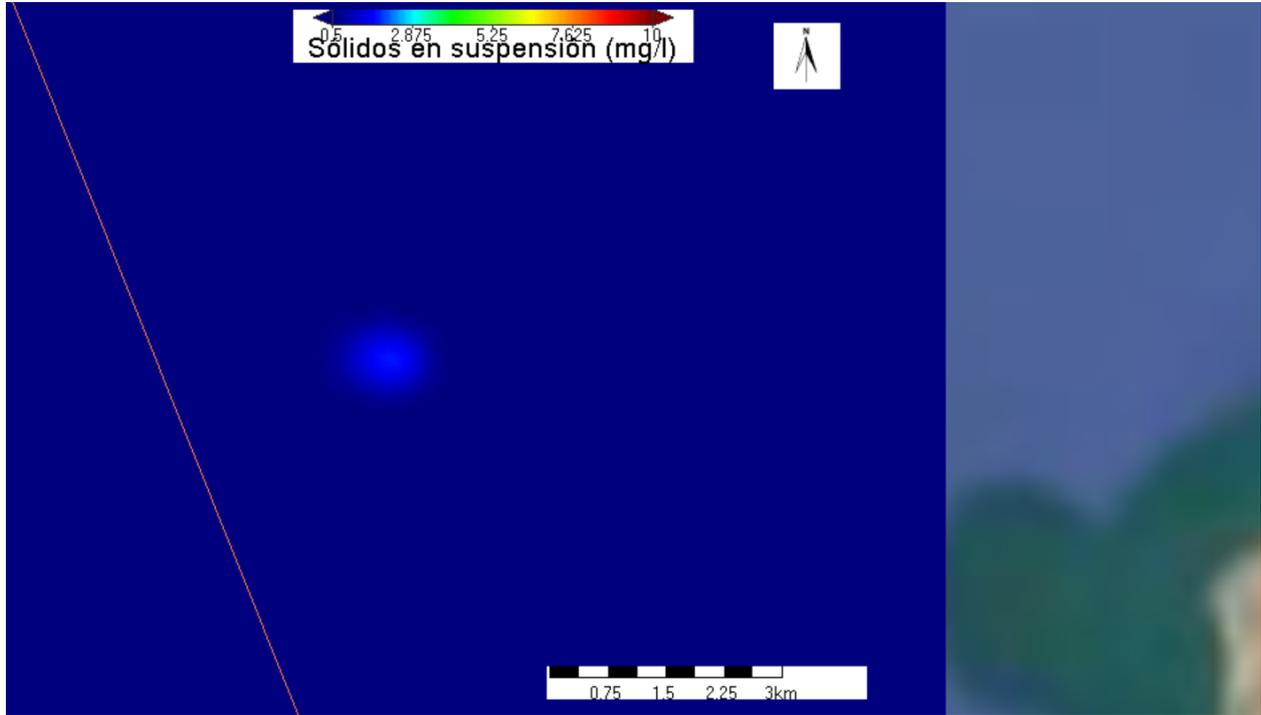


Ilustración 28. Sólidos en suspensión una hora después del segundo vertido.

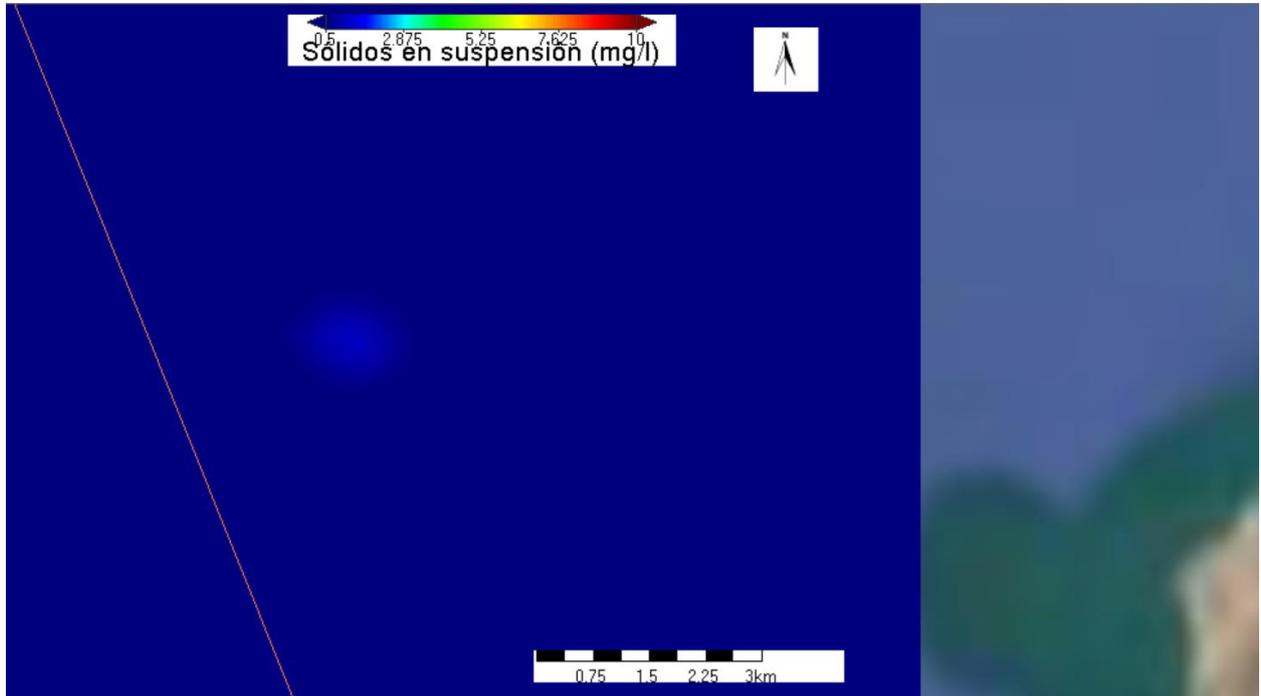


Ilustración 29. Sólidos en suspensión dos horas después del segundo vertido.

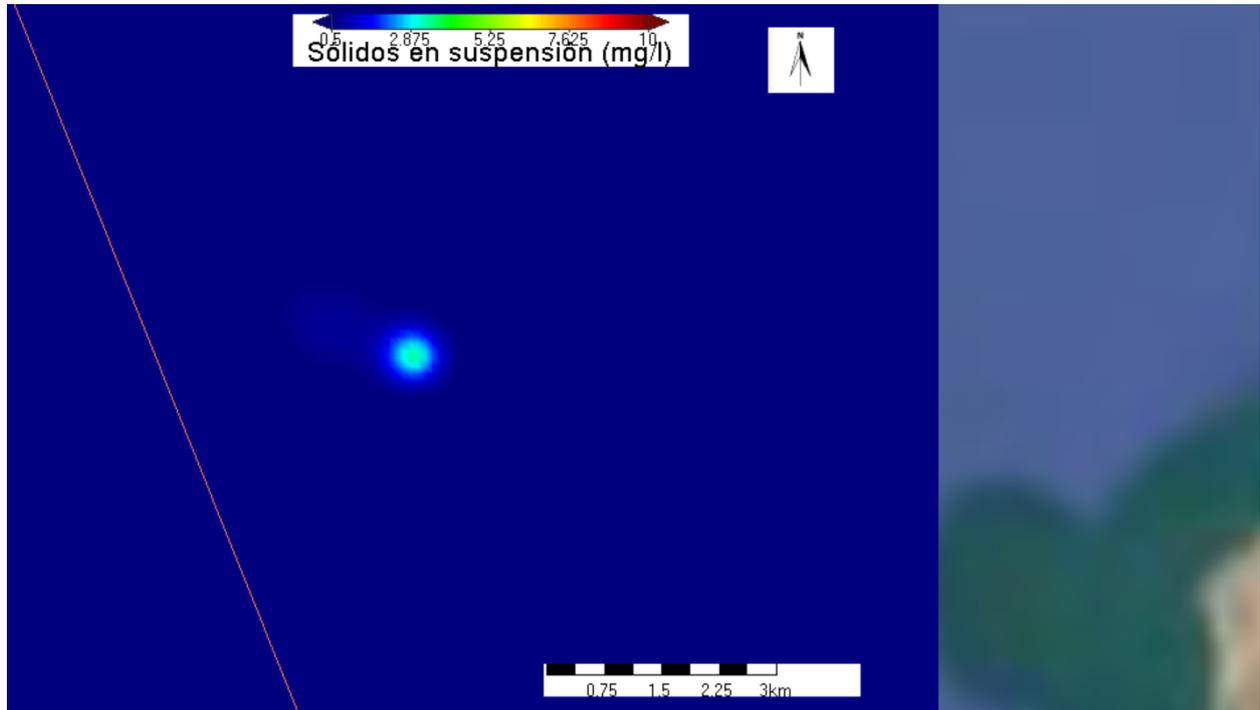


Ilustración 30. Sólidos en suspensión al empezar el tercer vertido.

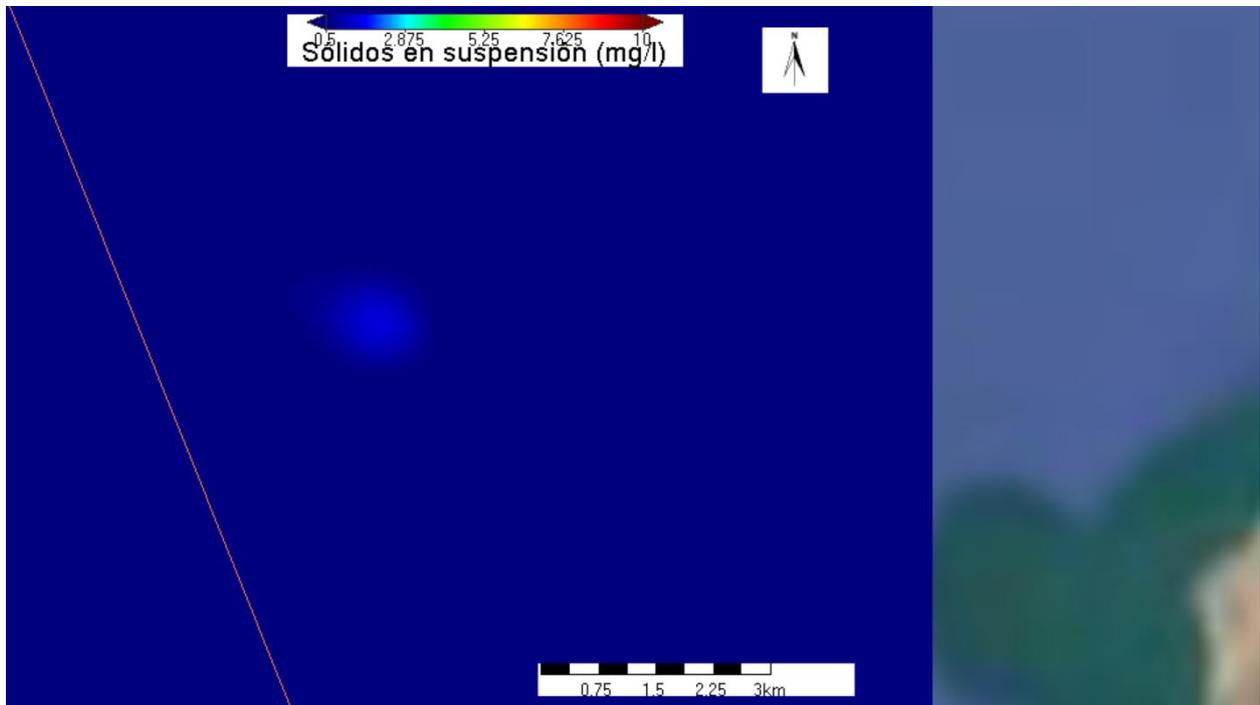


Ilustración 31. Sólidos en suspensión una hora después del tercer vertido.

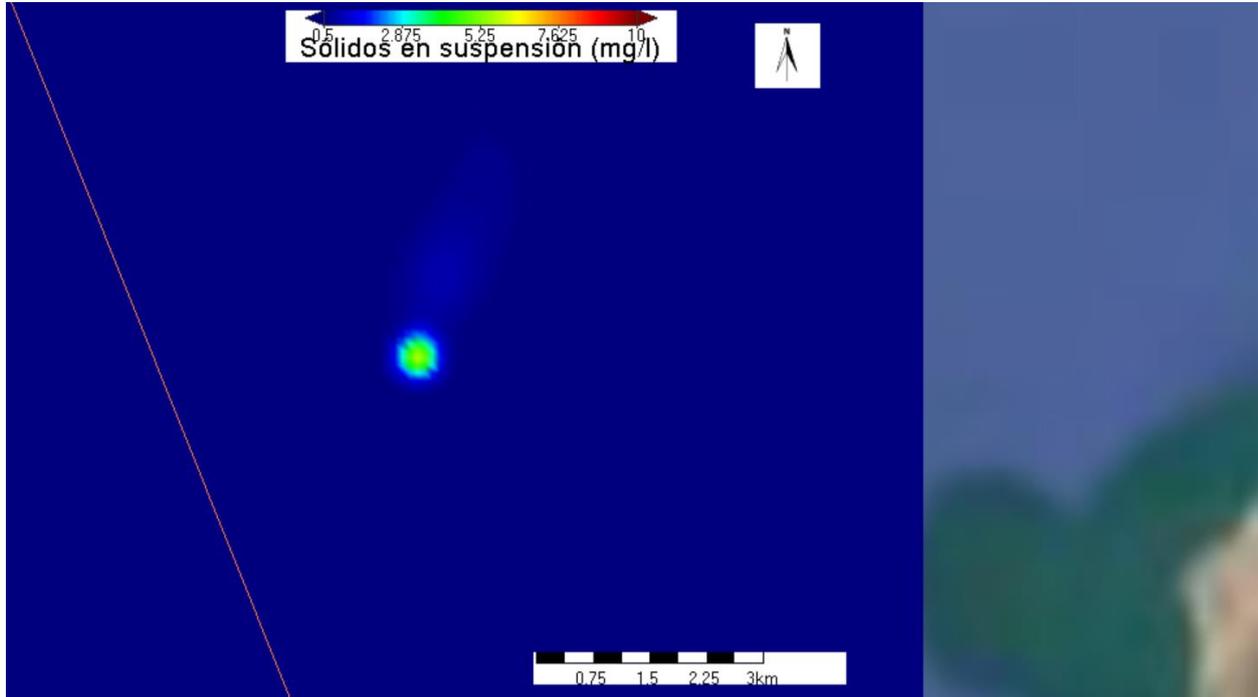


Ilustración 32. Sólidos en suspensión en superficie al empezar el octavo vertido.

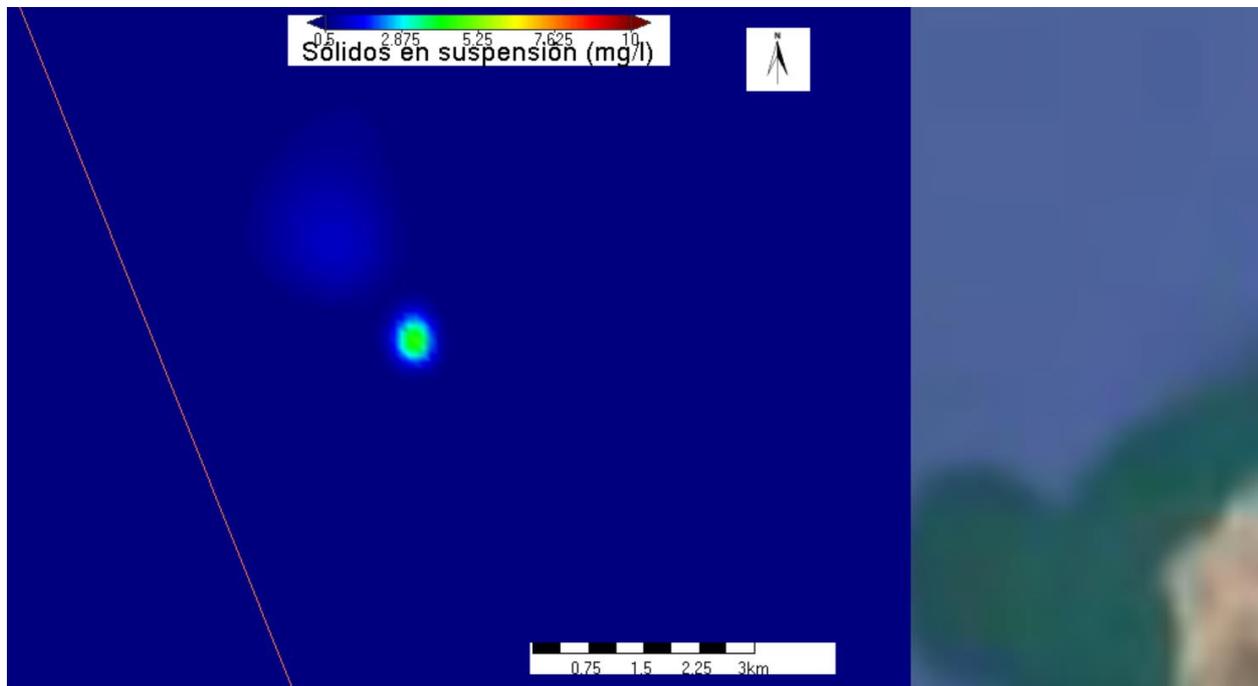


Ilustración 33. Sólidos en suspensión en superficie al empezar el noveno vertido.

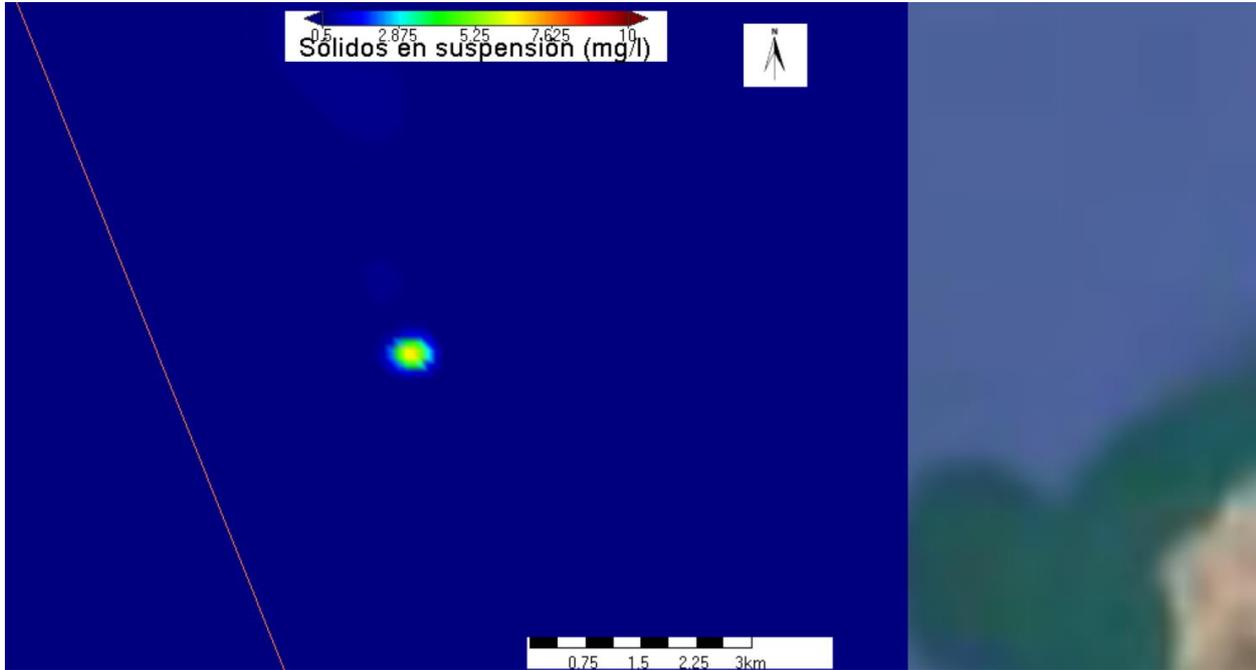


Ilustración 34. Sólidos en suspensión en superficie tras el vertido 13.

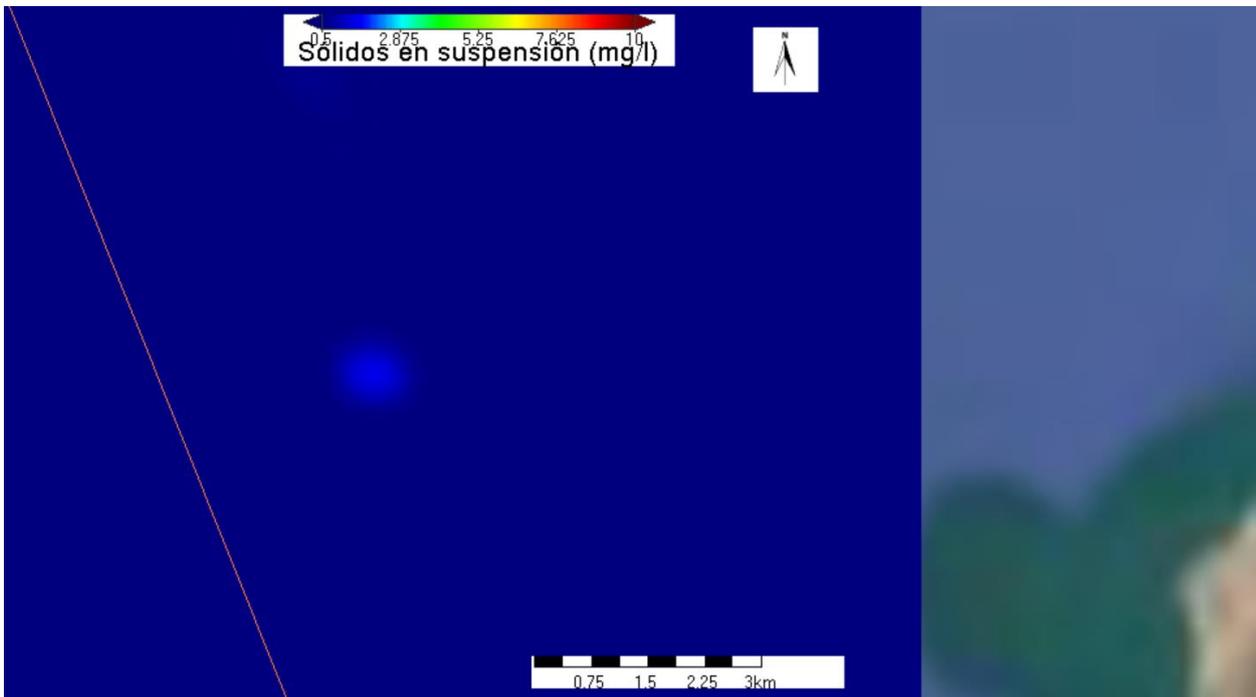


Ilustración 35. Sólidos en suspensión en superficie una hora después del vertido 13.

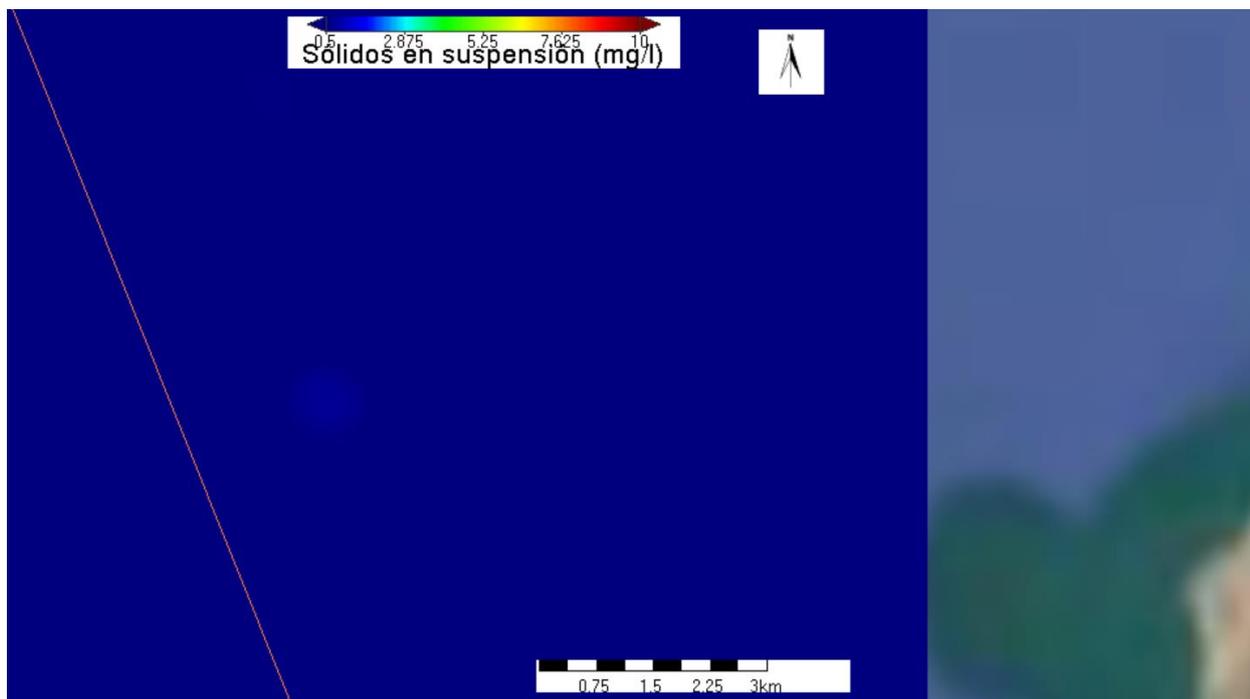


Ilustración 36. Sólidos en suspensión en superficie dos horas después del vertido 13.

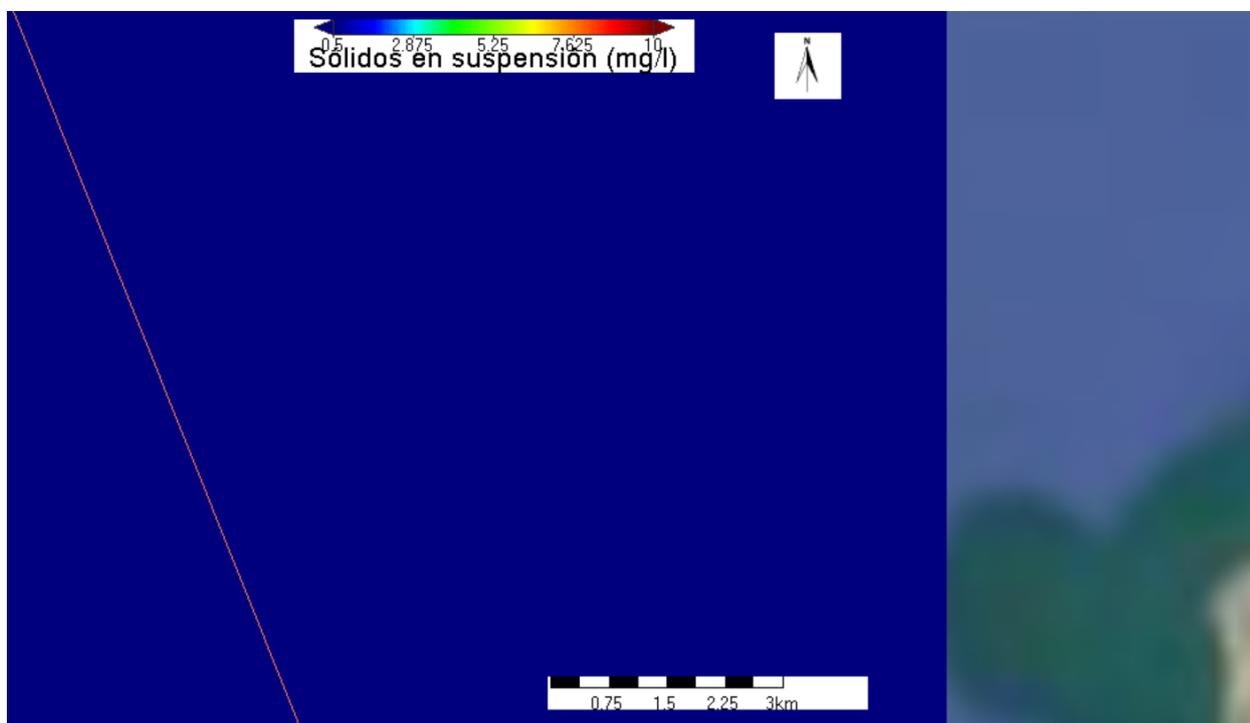


Ilustración 37. Sólidos en suspensión en superficie tres horas después del vertido 13.

Como se aprecia en las figuras, 3 horas después de los vertidos, la concentración de sólidos en superficie es despreciable (valores inferiores a 0,5 mg/l) en todos los casos, por lo que, con el ciclo de dragado y volumen vertido en cada ciclo, no se da una acumulación de los sólidos en suspensión vertidos en los

distintos ciclos. Igualmente, las concentraciones apreciables (más de 0,5 mg/l) en ningún caso llegan al interior de la ZEC.

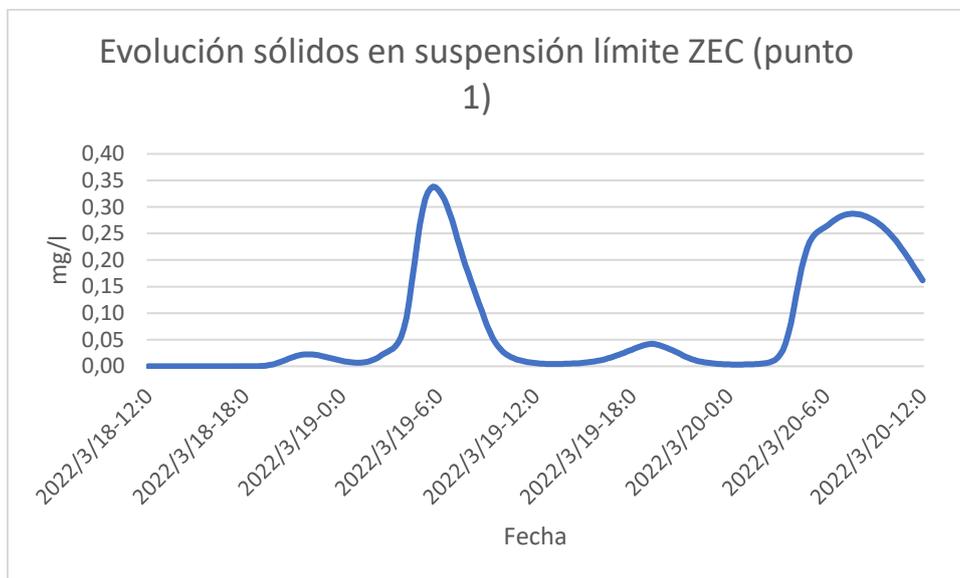


Ilustración 38. Evolución de los sólidos en suspensión en el punto 1 (límite de la ZEC).

Como se aprecia en la Ilustración 38, los valores de sólidos en suspensión que llegan al límite de la ZEC no superan los 0,4 mg/l, valor que es inapreciable.

9.2.2 Escenario 2: vertido en vaciadero con viento del W

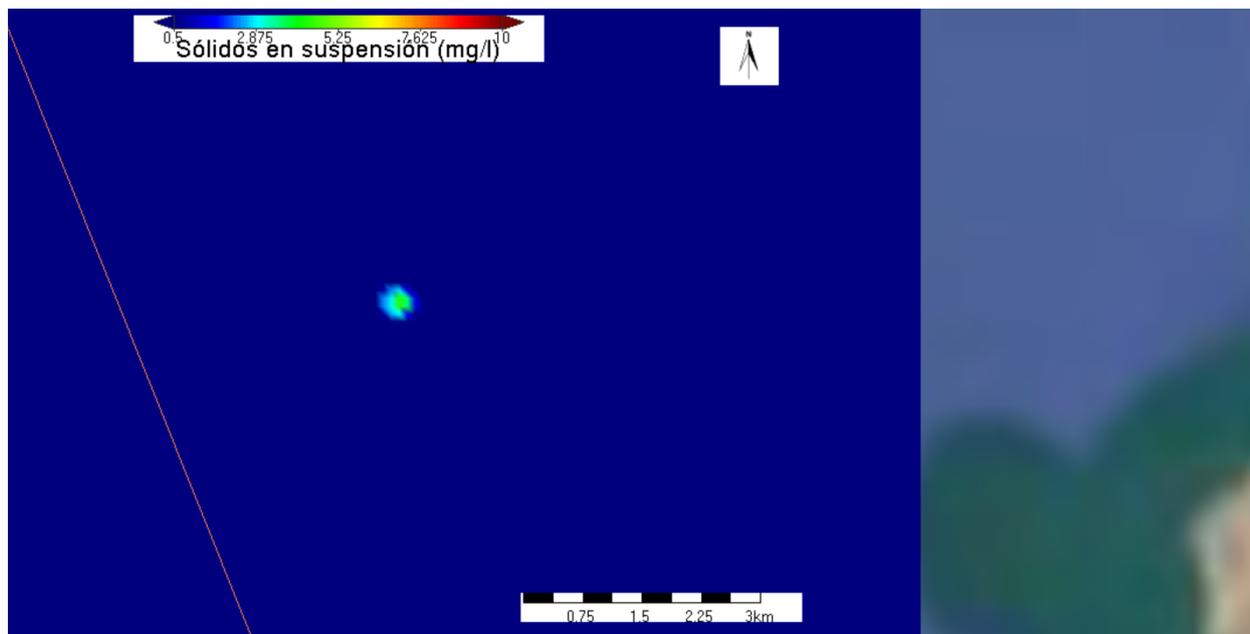


Ilustración 39. Sólidos en suspensión en superficie en el momento que finaliza el primer vertido.

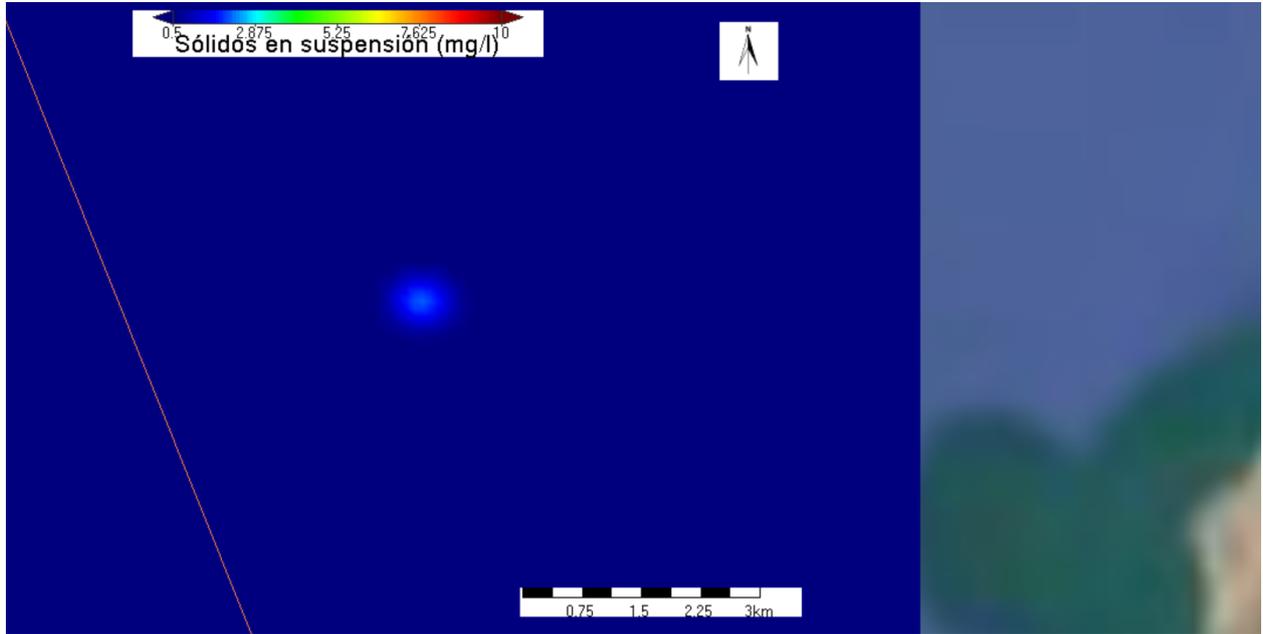


Ilustración 40. Sólidos en suspensión en superficie una hora después de finalizar el primer vertido.

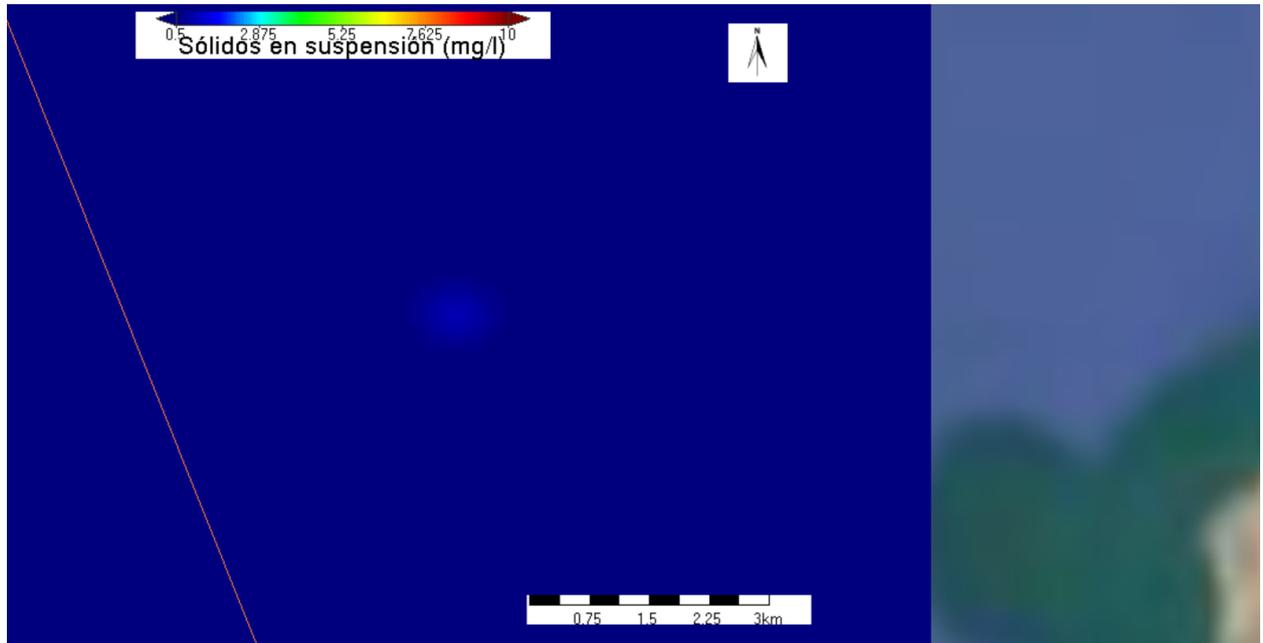


Ilustración 41. Sólidos en suspensión en superficie dos horas después de finalizar el primer vertido.

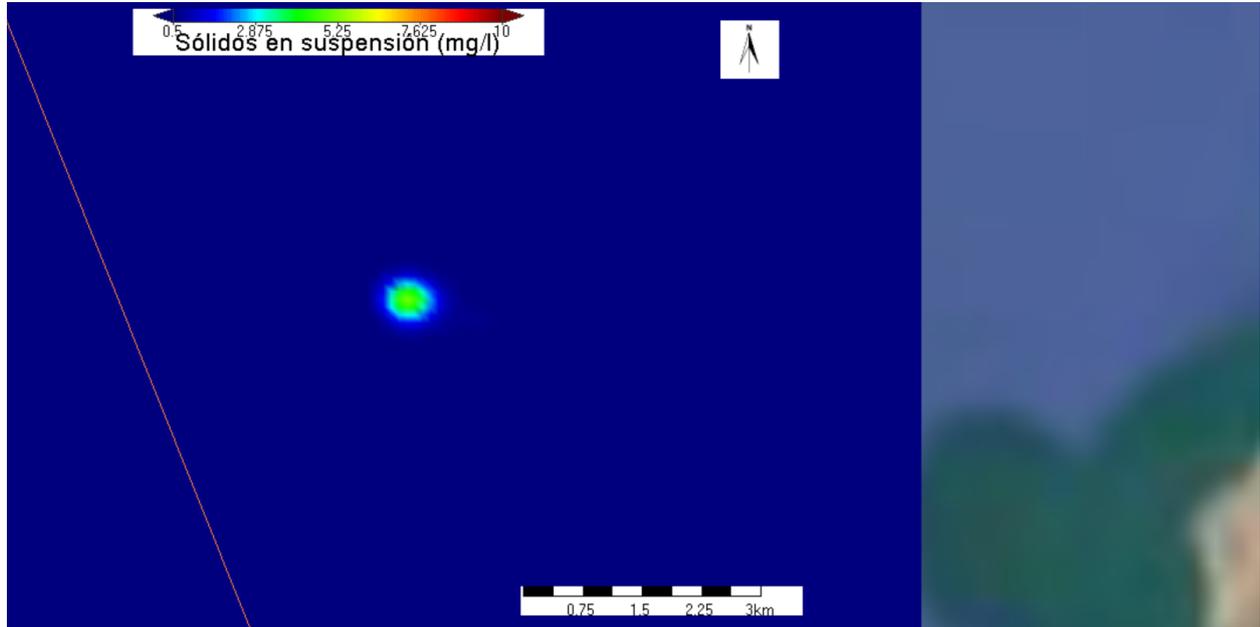


Ilustración 42. Sólidos en suspensión en superficie en el momento que finaliza el segundo vertido.

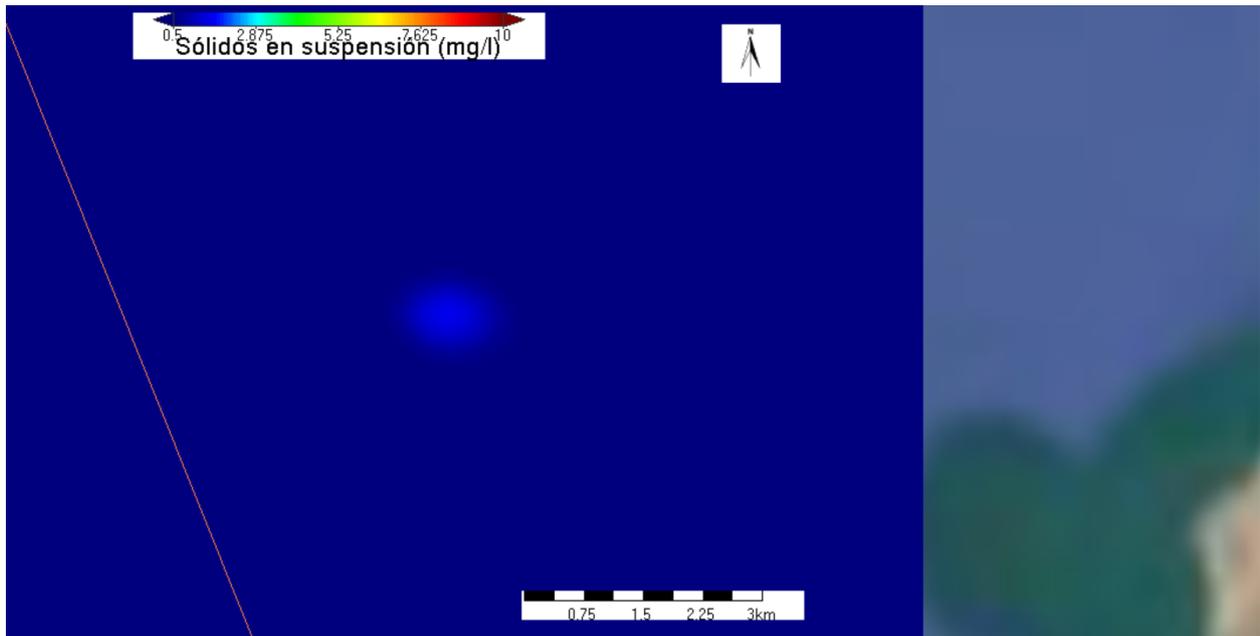


Ilustración 43. Sólidos en suspensión en superficie una hora después de finalizar el segundo vertido.

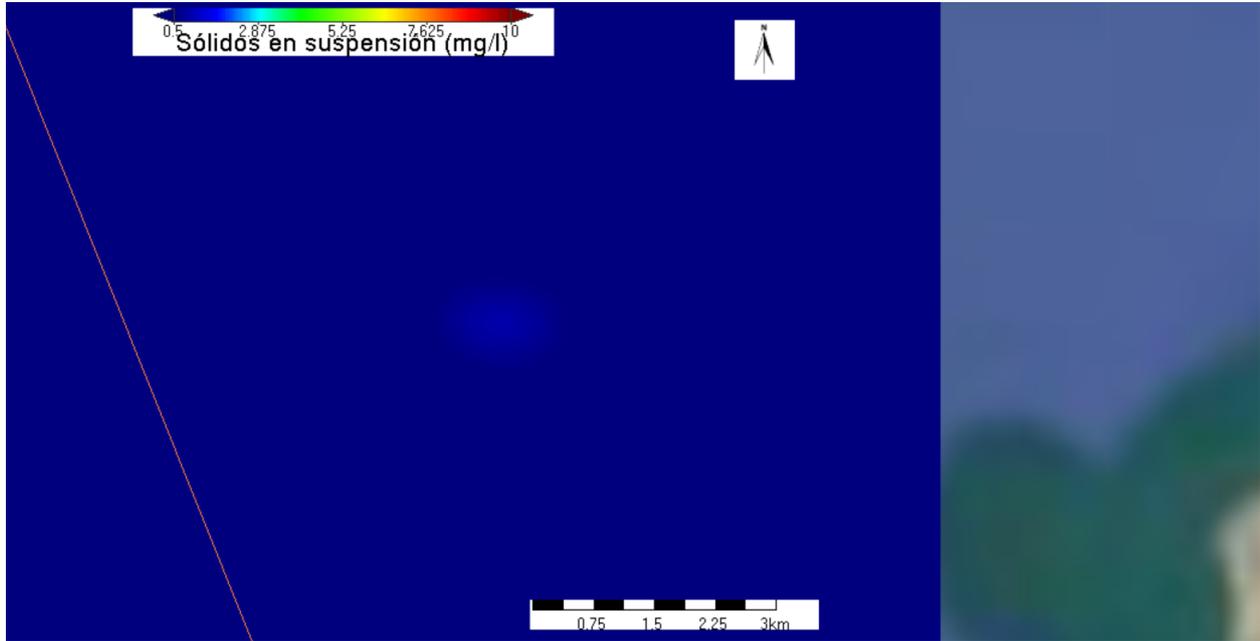


Ilustración 44. Sólidos en suspensión en superficie dos horas después de finalizar el segundo vertido.

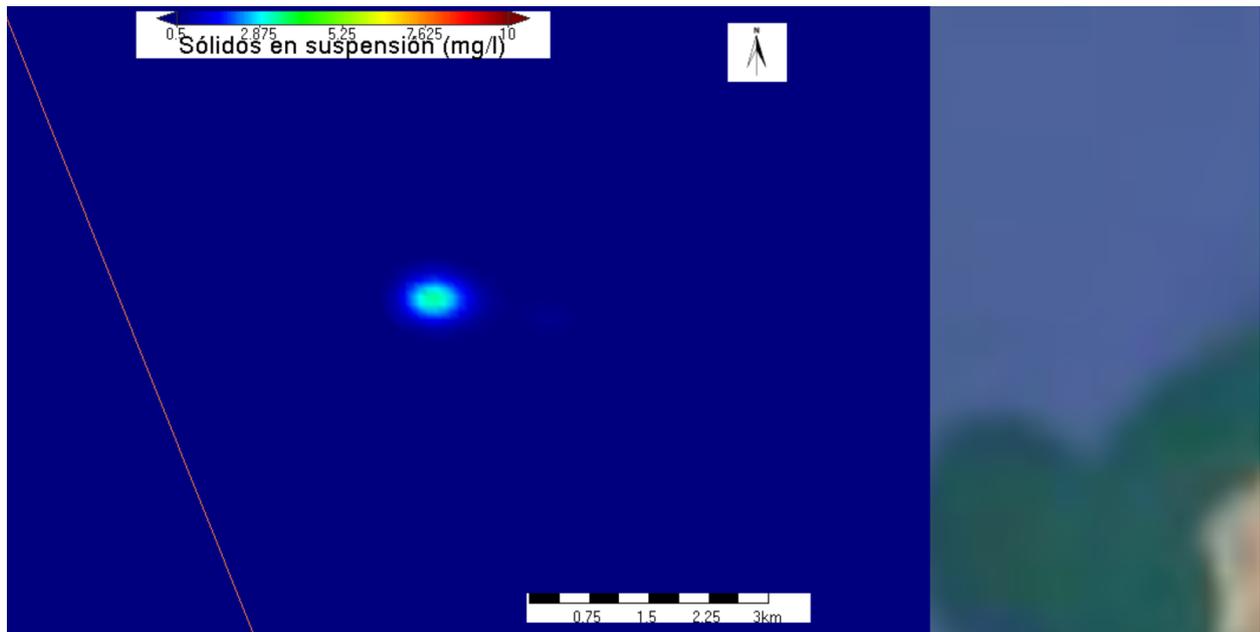


Ilustración 45. Sólidos en suspensión en superficie al finalizar el tercer vertido.

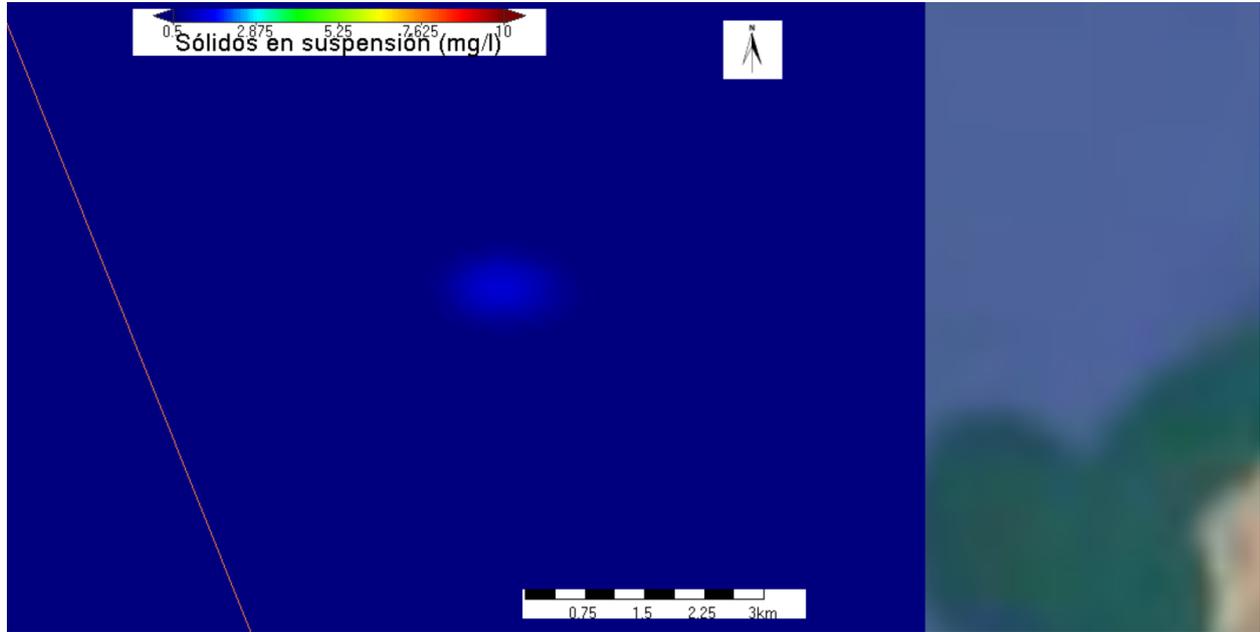


Ilustración 46. Sólidos en suspensión en superficie una hora después de finalizar el tercer vertido.

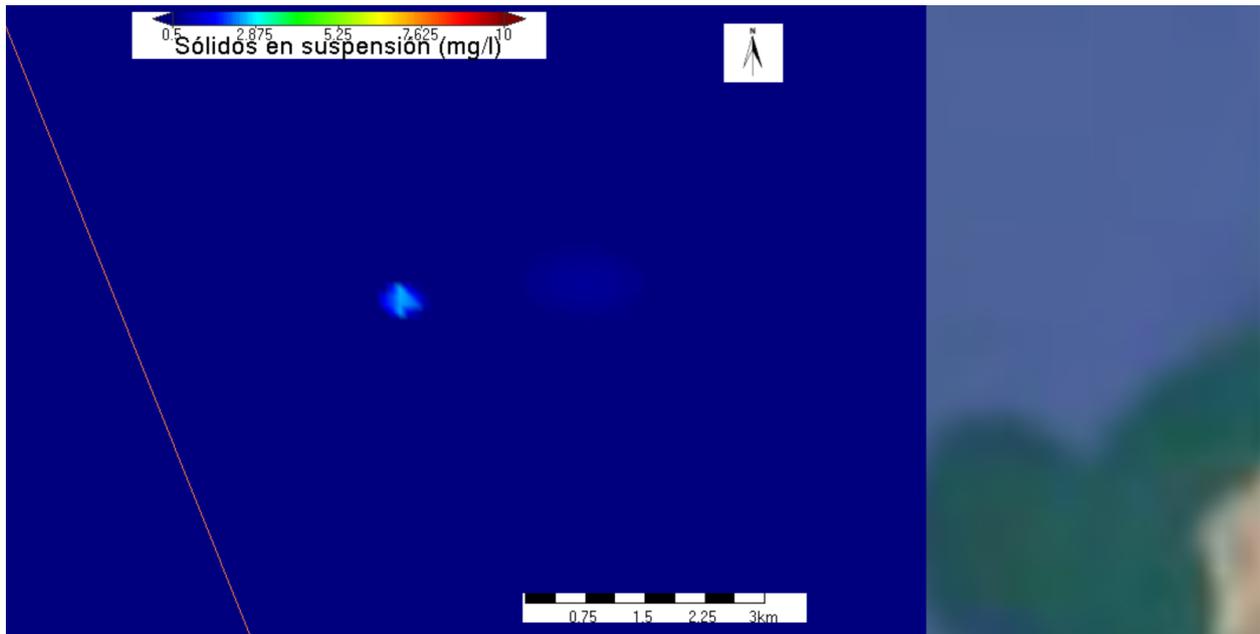


Ilustración 47. Sólidos en suspensión en superficie dos horas después de finalizar el tercer vertido.

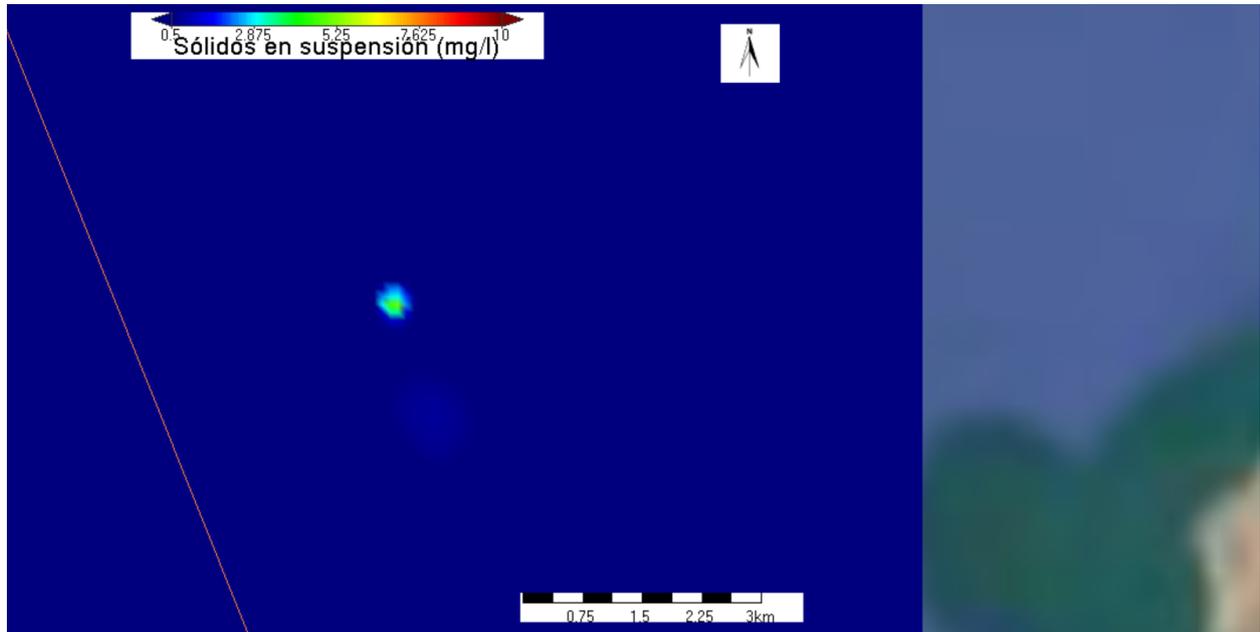


Ilustración 48. Sólidos en suspensión en superficie al finalizar el noveno vertido.

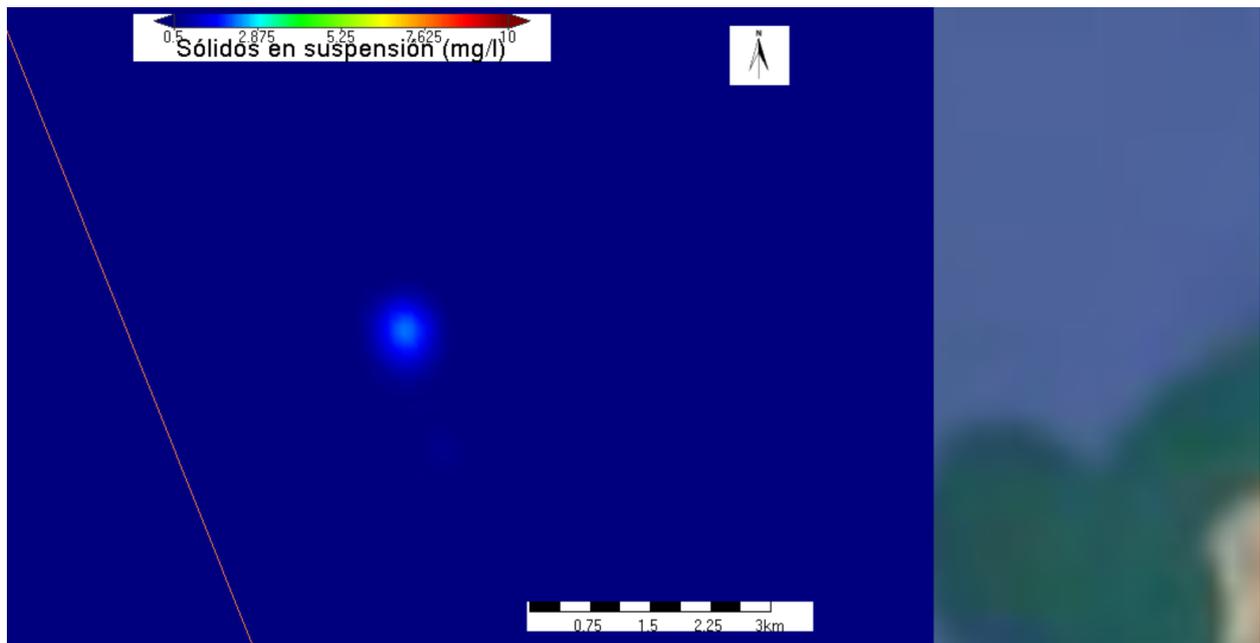


Ilustración 49. Sólidos en suspensión en superficie una hora después de finalizar el noveno vertido.

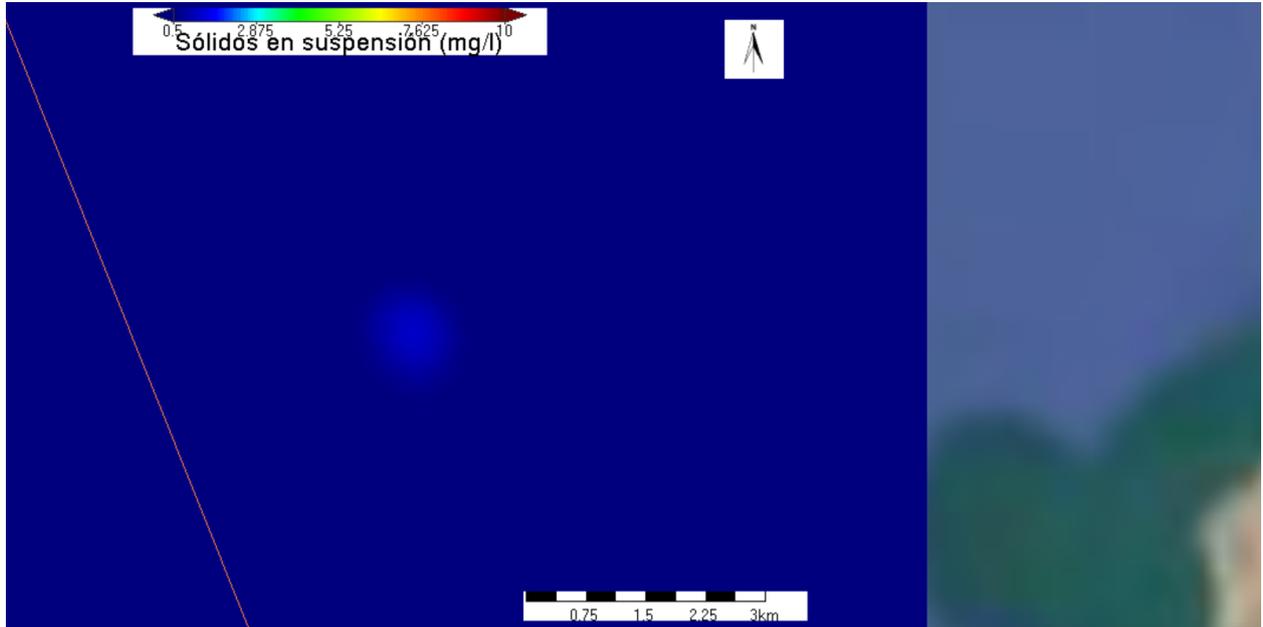


Ilustración 50. Sólidos en suspensión en superficie dos horas después de finalizar el noveno vertido.

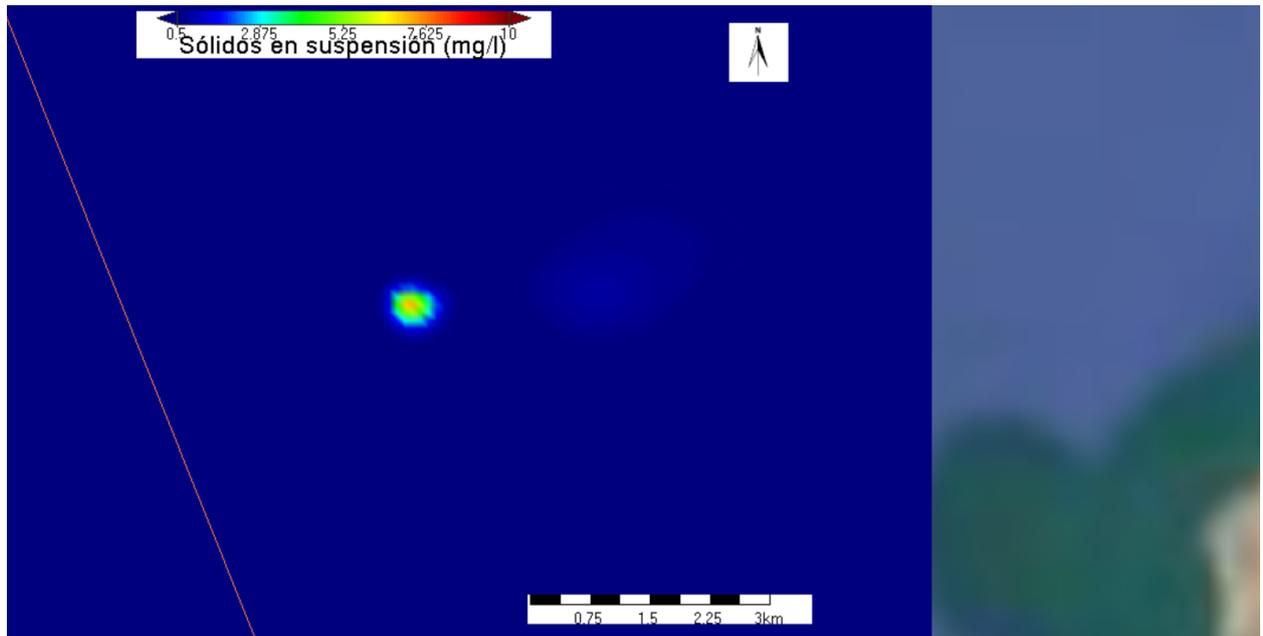


Ilustración 51. Sólidos en suspensión en superficie al finalizar el decimotercer vertido.

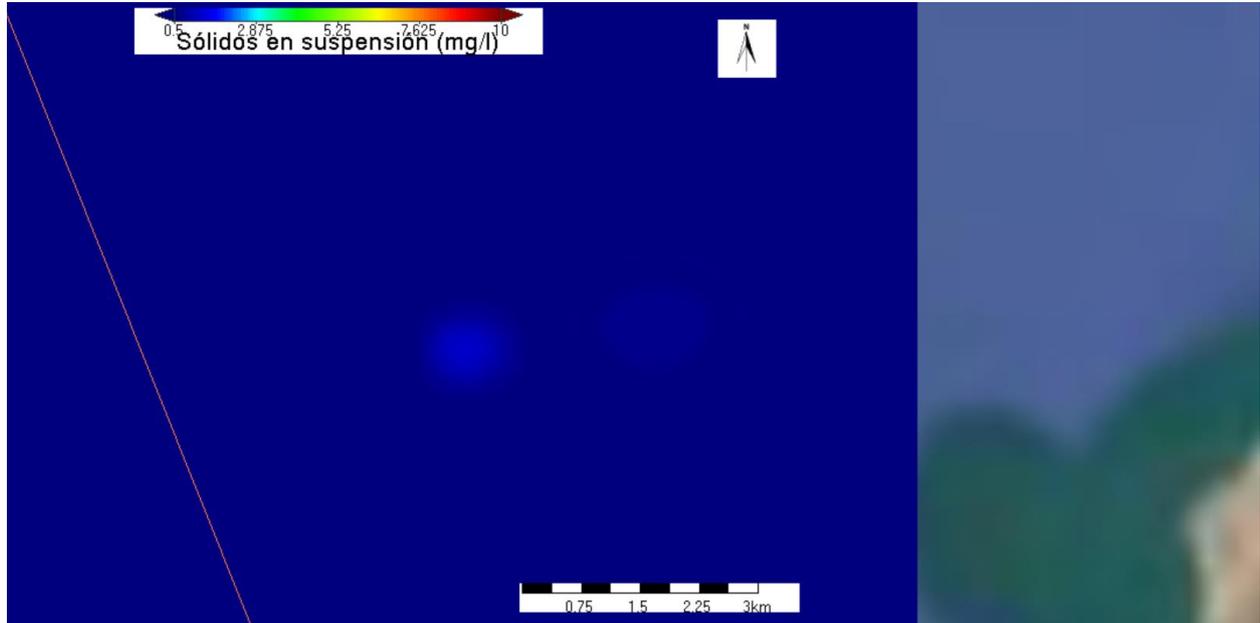


Ilustración 52. Sólidos en suspensión en superficie una hora después de finalizar el decimotercer vertido.

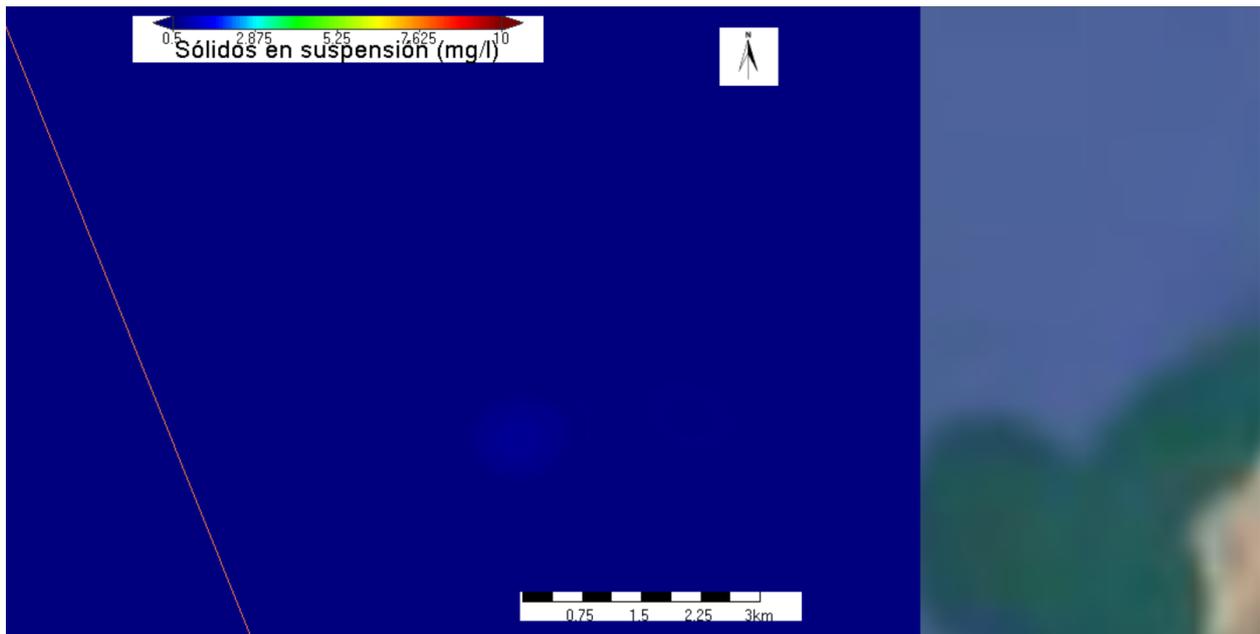


Ilustración 53. Sólidos en suspensión en superficie dos horas después de finalizar el decimotercer vertido.

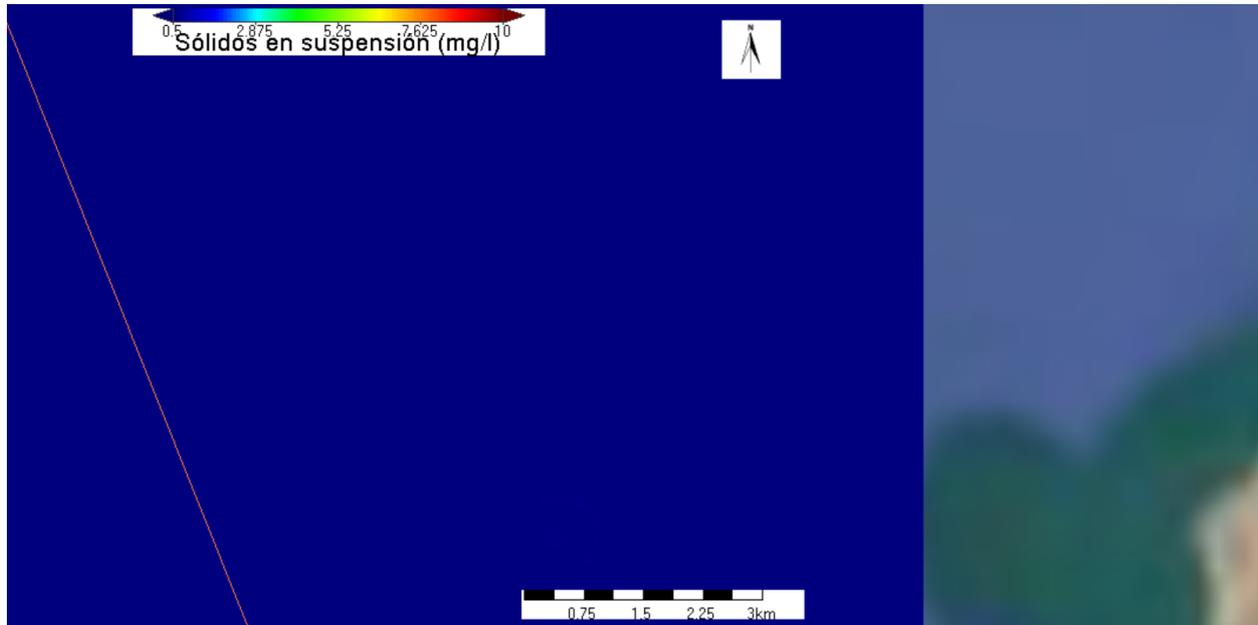


Ilustración 54. Sólidos en suspensión en superficie tres horas después del vertido 13.

Como se aprecia en la secuencia de figuras, al igual que en el caso del viento del Este, no se produce una superposición o acumulación de los sólidos en suspensión en superficie. Y 3 horas después del último vertido, no hay sólidos en suspensión en superficie.

Estos resultados son coherentes con los resultados observados en la vigilancia de otros vertidos llevados a cabo por Tecnoambiente, en los que, a más de 1 km de la zona de vertido el incremento de turbidez es prácticamente inapreciable, y en los que 2 horas después del vertido no se aprecia tampoco el incremento de turbidez.

9.3 ESCENARIO 3: VERTIDO EN LA PLAYA



Ilustración 55. Sólidos en suspensión al finalizar el primer aporte a la playa.



Ilustración 56. Sólidos en suspensión una hora después de finalizar el primer aporte a la playa.

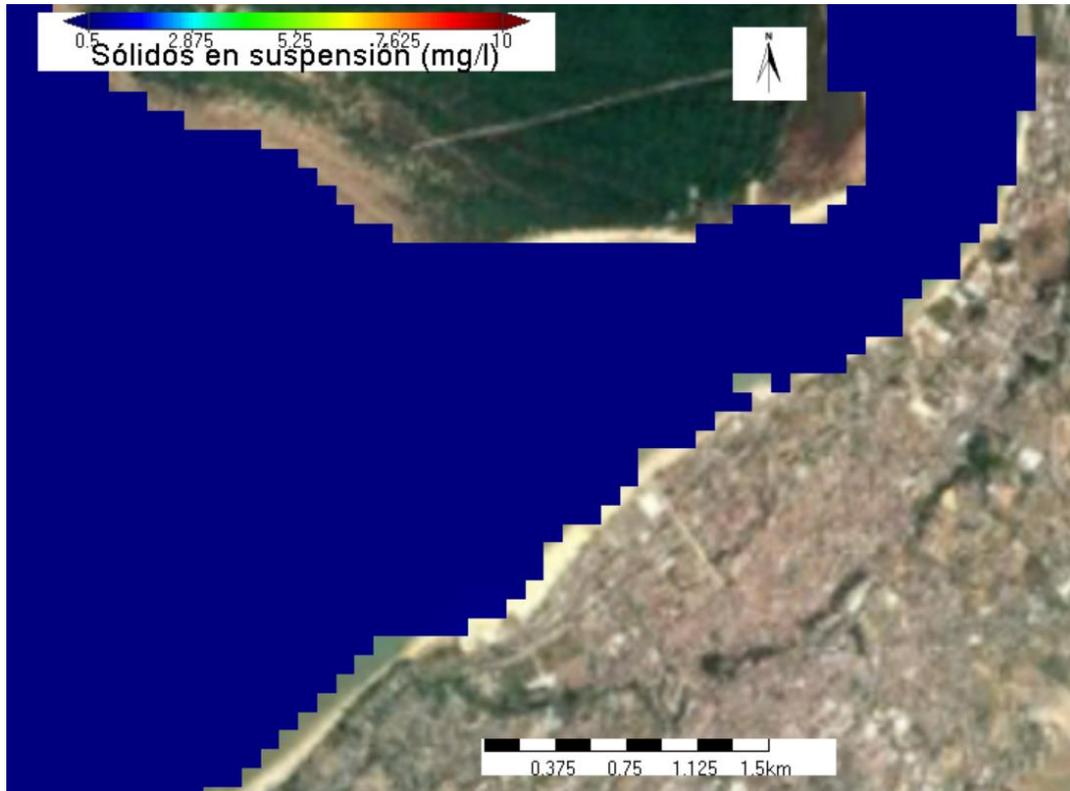


Ilustración 57. Sólidos en suspensión dos horas después de finalizar el primer aporte a la playa.

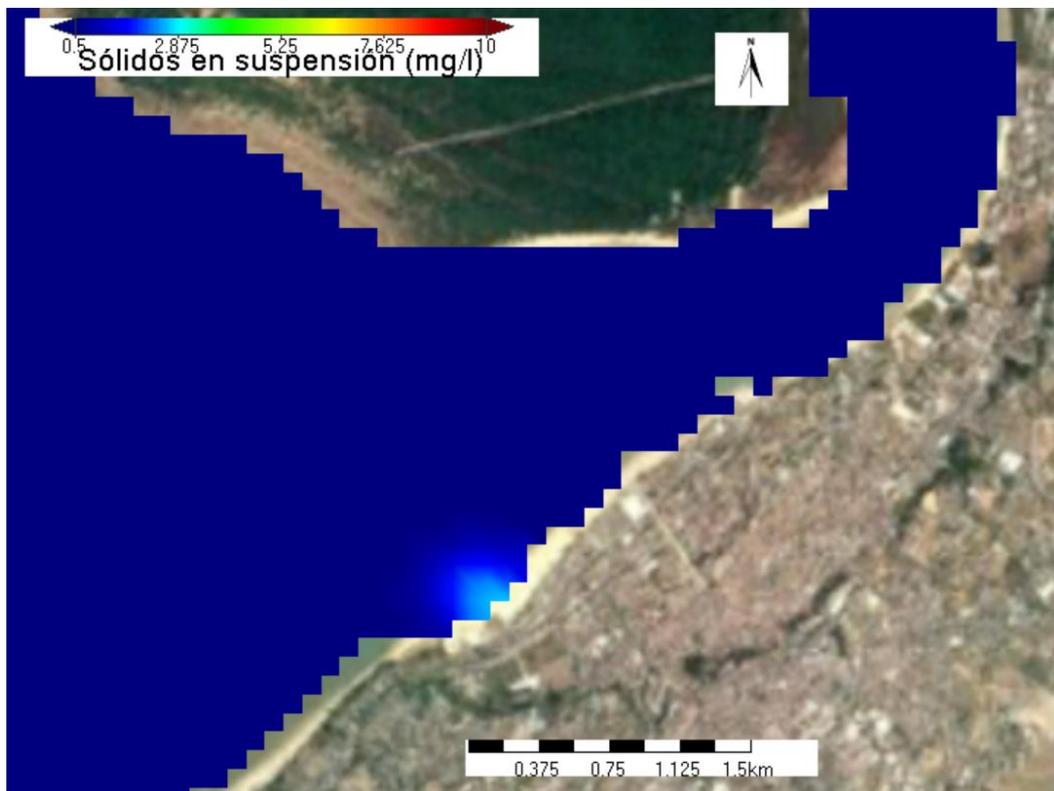


Ilustración 58. Sólidos en suspensión al finalizar el segundo aporte a la playa.

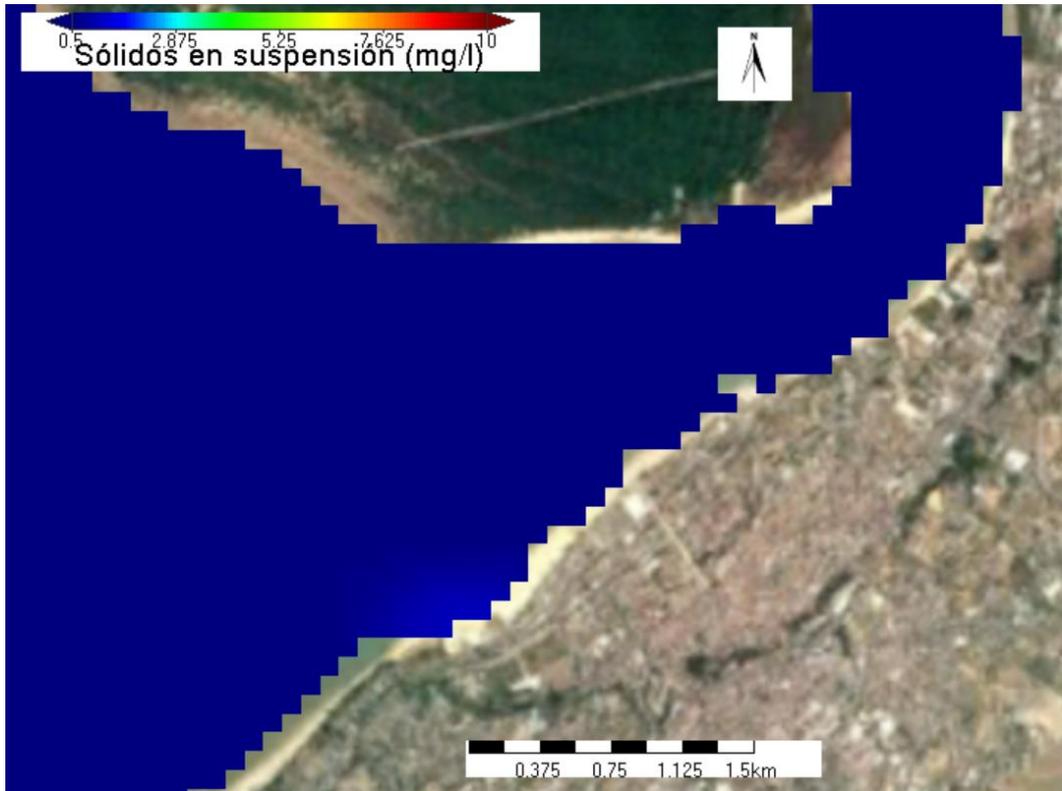


Ilustración 59. Sólidos en suspensión una hora después de finalizar el segundo aporte a la playa.



Ilustración 60. Sólidos en suspensión dos horas después de finalizar el segundo aporte a la playa.

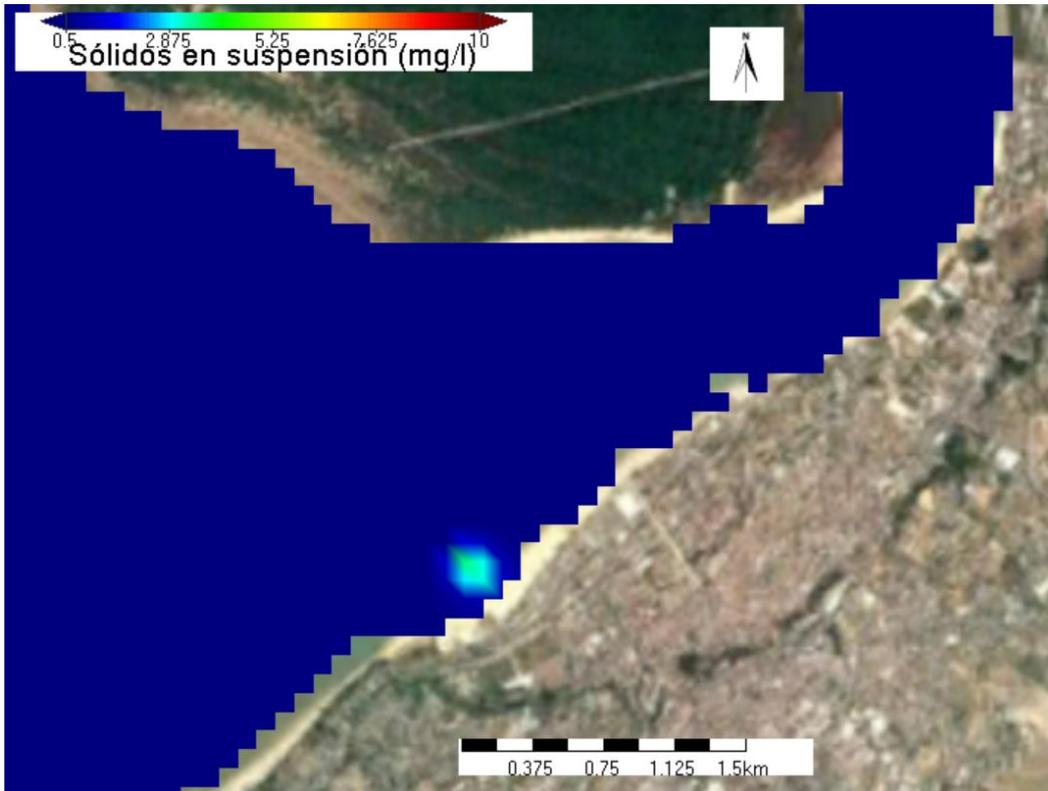


Ilustración 61. Sólidos en suspensión al finalizar el cuarto aporte a la playa.



Ilustración 62. Sólidos en suspensión una hora después de finalizar el cuarto aporte a la playa.

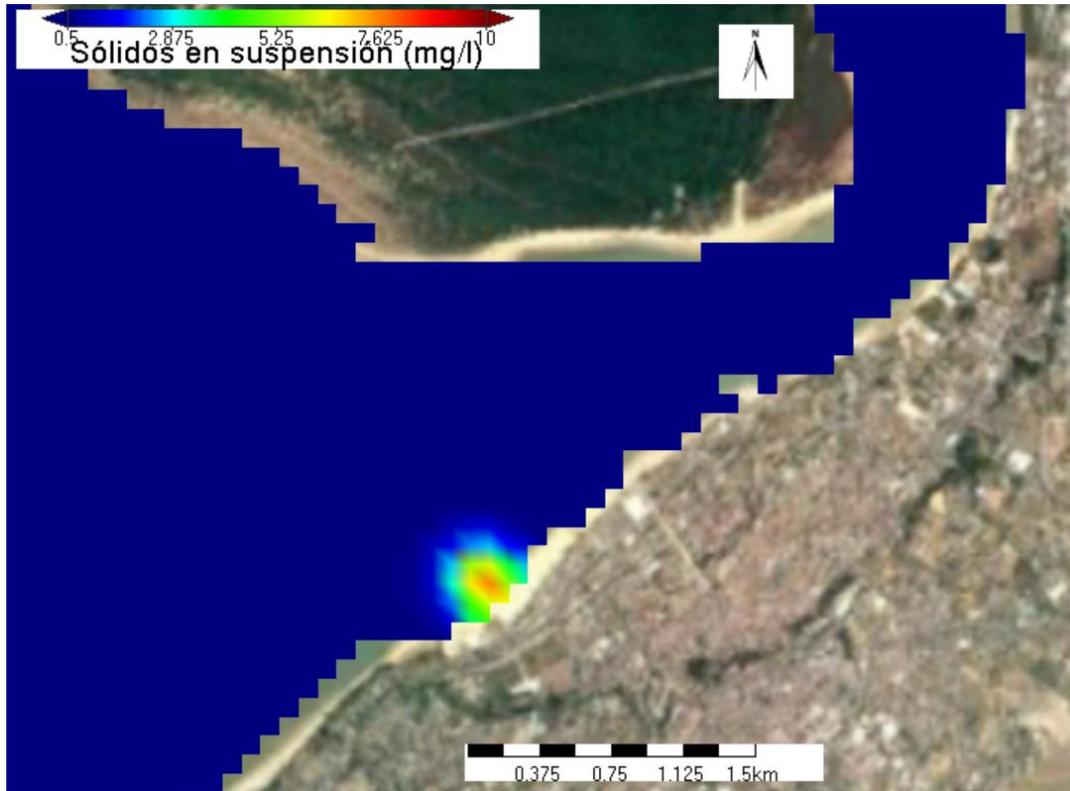


Ilustración 63. Sólidos en suspensión al finalizar el sexto aporte a la playa.

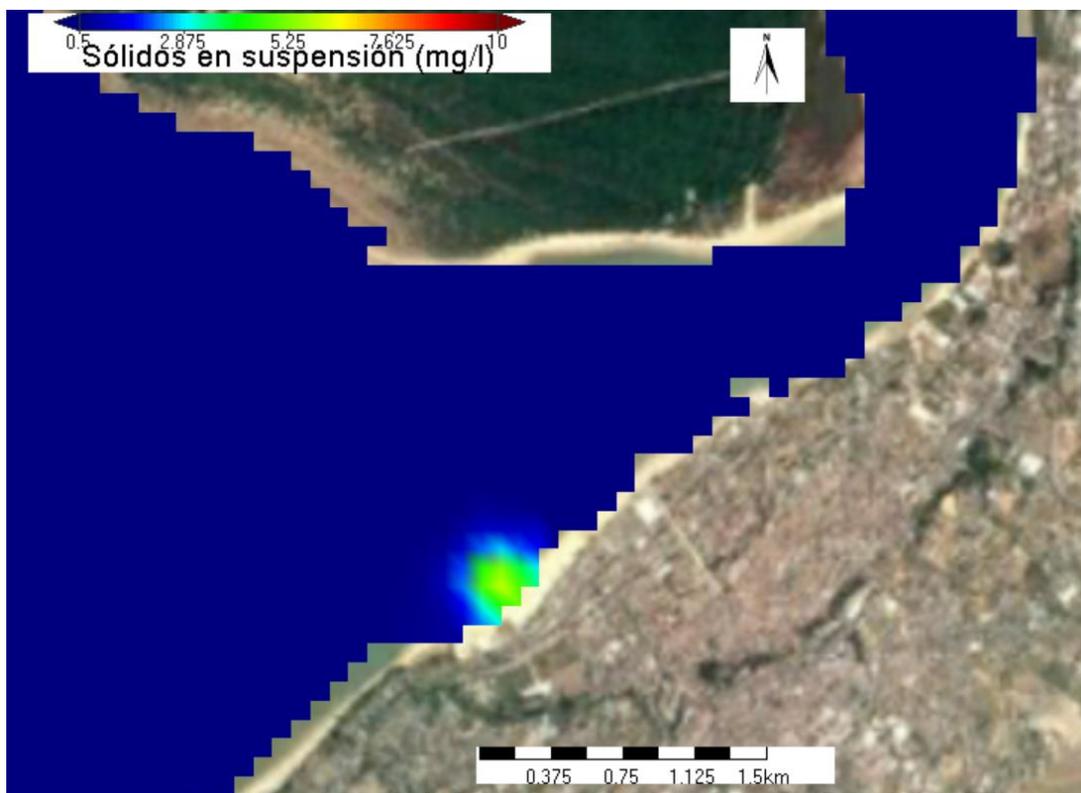


Ilustración 64. Sólidos en suspensión al finalizar el decimotercer aporte a la playa.

Los valores en la zona de aporte de playa apenas superan los 5 mg/l, y el ámbito en que los valores son superior a 0,5 mg/l no se extienden en un radio mayor a unos 300 m, al este y oeste de la orilla, en función de la marea.

10 DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Antes de proceder a analizar los resultados, se muestra la Ilustración 65 en la que se representa la envolvente de la pluma de dispersión en el vaciadero (valores superiores a 0,5 mg/l) obtenida integrando los resultados de las distintas simulaciones. Esta figura muestra que la pluma de dispersión queda fuera de la ZEPA Golfo de Cádiz.

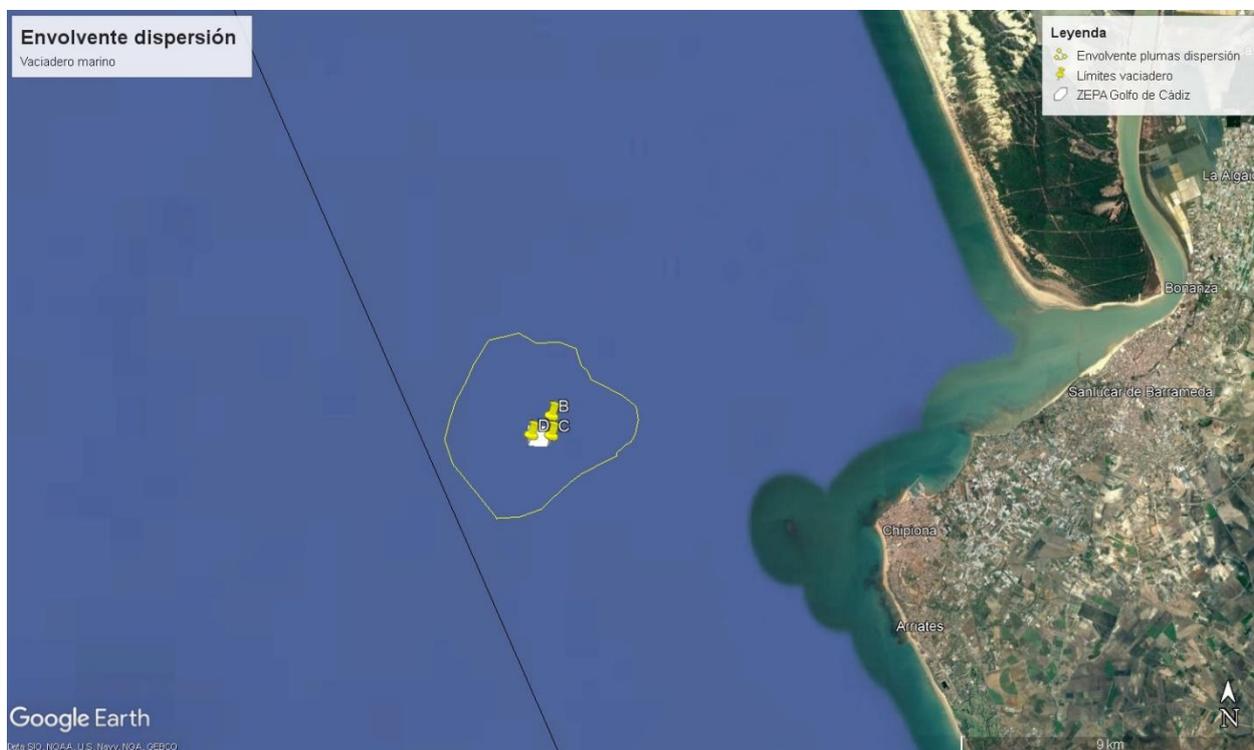


Ilustración 65. Envolvente de la dispersión.

A la vista de los resultados de sólidos en suspensión obtenidos como resultado del vertido en vaciadero y de la aportación a la playa, teniendo en cuenta los valores medios de sólidos en suspensión habituales en la zona según se desprende de los datos de las estaciones de la red de control de calidad de las aguas, se concluye:

- Los incrementos de sólidos en suspensión provocados por el vertido en el vaciadero marino suponen incrementos máximos inferiores a los 10 mg/l en el punto de vertido, e incrementos inferiores a los 5 NTU en un radio de unos 500 m. Dado que el valor medio de sólidos en suspensión en la zona es de 27,45 mg/l, estos incrementos se consideran despreciables, y no suponen una afección significativa a la calidad del agua.

- En cuanto a su duración, los valores de sólidos en suspensión superiores a 0,5 mg/l no duran más de 2 horas, por lo que, se trata de un efecto temporal de corto plazo.
- En lo relativo a la posible afección a la ZEPA Golfo de Cádiz, se ha comprobado, en el punto de control situado en el límite de la misma, que no se superan los 0,4 mg/l, por lo que, el impacto sobre la ZEPA se considera nulo.
- Finalmente, en cuanto al aporte a la playa, supone incrementos máximos de sólidos en suspensión de unos 5 mg/l, resultado que, dado que el valor medio en la zona es de 221,5 mg/l, se considera despreciable. El impacto sobre la calidad del agua en la zona y sobre la ZEC Doñana y la zona de producción de moluscos AND108 es nulo.

En lo que respecta a la acumulación de sedimentos en el fondo, el análisis de la evolución histórica de las cantidades vertidas, junto con el seguimiento de las batimetrías realizadas, permiten afirmar:

- La principal modificación de la orografía del fondo marino se produjo antes de 2015, creando un montículo sobre un fondo eminentemente plano a 18 m de profundidad, que se eleva, en su punto central, hasta los 13,5 m de profundidad, aproximadamente. Se trata de un montículo ovalado de unos 700 m de largo y unos 540 m de ancho.
- En 2021, la forma y extensión del montículo es muy similar, reduciéndose la profundidad, en las zonas de mayor acumulación, en unos 20 cm, tras el vertido de dicho año.

11 NOTAS FINALES Y FIRMAS

El presente Documento de Inicio del proyecto de Evaluación ambiental de la optimización de la navegación en la Eurovía E.60.02. Guadalquivir ha sido redactado por la UTE MCVALNERA-SENER-TECNOAMBIENTE en el marco de la asistencia técnica de desarrollo y evaluación ambiental del citado proyecto, bajo la dirección de la Autoridad Portuaria de Sevilla. Los profesionales que han intervenido en la redacción del documento son:

Tabla 11. Autores del informe

NOMBRE	TITULACIÓN	DNI
Jurgi Areizaga	Dr. Por la Universidad de Cantabria	72474180F

En Jerez de la Frontera, a 30 de noviembre de 2022.

12 BIBLIOGRAFÍA

- MITERD: Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir. Plan Hidrológico del Guadalquivir, 2016-2021.

-
- FLEGER 2012. Mapa de los flujos de energía en el Estrecho de Gibraltar para su aprovechamiento como fuente de energía renovable.
 - Valdés, L. and Déniz González, I. (eds). 2015. Oceanographic and biological features in the Canary Current Large Marine Ecosystem. IOC-UNESCO, Paris. IOC Technical Series, No. 115: 383 pp. URI: <http://hdl.handle.net/1834/91351>
 - MAGRAMA, 2012. ESTRATEGIA MARINA DEMARCACIÓN MARINA SUDATLÁNTICA PARTE I. MARCO GENERAL EVALUACIÓN INICIAL Y BUEN ESTADO AMBIENTAL.
 - Van Rijn, 2020, "Turbidity due to dredging and dumping of sediments"